বৈশ্লেষিক রসায়ন

বৈশ্লেষিক রসায়ন

(Analytical Chemistry)

ডঃ অনিল কুমার দে, এম. এসসি., ডি. ফিল.
অধ্যাপক ও অধ্যক্ষ : রসায়ন বিভাগ, বিশ্বভারতী
এবং
ডঃ অসিত কুমার সেন, এম. এসসি., পি. এইচ. ডি.
লেকচারার : বিশ্বভারতী

পশ্চিমবঙ্গ রাজ্য পুস্তক পর্ষদ
(পশ্চিমবঙ্গ সরকারের একটি সংস্থা)

ভূমিকা

বিংশ শতাব্দীর তৃতীয় দশকের প্রারম্ভে বৈশ্লেষিক রসায়নের (Analytical Chemistry) পরিচিতি খুবই সীমাবদ্ধ ছিল। মাত্রিক বিশ্লেষণের (Quantitative Analysis) দুই শাখা—আয়তনিক (Volumetric) ও তৌলিক (Gravimetric) বিশ্লেষণের মধ্যে সীমারেখা টানা ছিল। অর্থাৎ সে যুগে Classical Analysis বা আর্দ্র রাসায়নিক বিশ্লেষণের পরীক্ষা-নিরীক্ষা নিয়ে বৈশ্লেষিক রসায়নের ইতিহাস গড়ে উঠেছিল। রিচার্ডস্ ও ব্যাক্স্টারের (1914) নেতৃত্বে পারমাণবিক ভর নির্ণয়ের নিখুঁত পদ্ধতি, স্মিথ (1907) প্রমুখ রাসায়নিকদের নেতৃত্বে তড়িত বিশ্লেষণ (Electroanalytical) পদ্ধতির উদ্ভাবন বৈশ্লেষিক রসায়নের ইতিহাসের গৌরবোজ্জ্বল অধ্যায় সূচনা করেছিল। নূতন নূতন বিকারক (Reagent) ও রাসায়নিক পদ্ধতি আবিষ্কারের গতিবেগ ক্রমশঃ হ্রাস পাওয়ায় বৈশ্লেষিক রসায়নের ভবিষ্যত একরকম অনিশ্চয়তার অন্ধকারে আচ্ছন্ন হয়েছিল। তারপর দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের মধ্যে এবং যুদ্ধোত্তর যুগে বিভিন্ন যান্ত্রিক বিশ্লেষণ (Instrumental Methods of Analysis) পদ্ধতির আবিষ্কার এক রেনাসাঁ প্রবর্তন করল এবং বৈশ্লেষিক রসায়নকে বিজ্ঞানে এক গুরুত্বপূর্ণ স্থান দিল।

বৈশ্লেষিক রসায়নের সংজ্ঞা বিজ্ঞানীমহলে প্রথম নির্ধারিত করেছিলেন 1894 সালে প্রখ্যাত রাসায়নিক Wilhelm Ostwald : "Analytical Chemistry or the art of recognizing different substances and determining their constituents, takes a prominent position among the applications of Science since the questions it enables us to answer arise wherever chemical processes are employed for scientific or technical purposes." বৈশ্লেষিক রসায়নের সর্বাধুনিক সংজ্ঞা Ostwald-এর সংজ্ঞার কাছাকাছি— "বিজ্ঞানের একটি বিশেষ শাখা যার মূল উদ্দেশ্য ব্যবহারিক বিশ্লেষণ পদ্ধতির উদ্ভাবন ও উন্নয়ন।" নব নব সমস্যার সমাধানের প্রতিনিয়ত প্রয়াস—নূতন তথ্যের আবিষ্কার, এক শৃঙ্খলাবদ্ধ চিন্তাধারায় রূপায়ণ, নূতন পদ্ধতির উদ্ভাবন এবং পুরাতন পদ্ধতি উন্নয়ন ক'রে নির্দিষ্ট লক্ষ্য-পথে পেঁছানো—এই হচ্ছে বৈশ্লেষিক রসায়নের প্রাণধর্ম। একটি দৃষ্টান্ত দিয়ে বিষয়টি পরিষ্কার করা যেতে পারে। Mohr পদ্ধতিতে Chloride

ion অনুমাপন (Titration) প্রমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ ও K_2CrO_4 সূচকের সাহায্যে। এই পদ্ধতি কার্যকরী হবে কিনা সিদ্ধান্ত করতে গেলে কয়েকটি তথ্য সঠিকভাবে জানা দরকার—

(1) AgCl ও Ag_2CrO_4-এর দ্রাব্যতা গুণফল (Solubility Product), (2) অনুমাপনের pH সীমা—H_2CrO_4-এর বিয়োজন ধ্রুবক (Dissociation Constant), Ag_2O, Ag_2CO_3-এর দ্রাব্যতা গুণফল (3) AgCl অধঃক্ষেপের আয়নশোষণ ক্ষমতা (4) Stannous ion-এর মত বিজারক আয়ন উপস্থিত থাকলে তার প্রভাব নির্ধারণ করতে হবে এবং সেজন্য জানা দরকার Stannous ion ও Chromate ion-এর বিক্রিয়া গতি (Kinetics), দুটি আয়নের অর্ধবিক্রিয়া (Half reaction) -এর প্রমাণ বিভব (Standard potential) এবং সংশ্লিষ্ট আয়নগুলির সক্রিয়তা গুণাঙ্ক (Activity Coefficient) ইত্যাদি। ব্যবহারিক বিজ্ঞান হিসাবে বৈশ্লেষিক রসায়ন সম্পূর্ণভাবে গবেষণা ভিত্তিক এবং বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখার (Multidisciplinary) মিলনক্ষেত্র—রসায়ন, পদার্থবিদ্যা, ভূতত্ত্ববিদ্যা, উদ্ভিদবিদ্যা, প্রাণীবিদ্যা, প্রত্নতত্ত্ব ইত্যাদি। বলাবাহুল্য রসায়নের বিভিন্ন ধারার সঙ্গমস্থলও বৈশ্লেষিক রসায়ন অর্থাৎ এই শাস্ত্রে ব্যুৎপত্তি লাভ করতে গেলে অজৈব, জৈব ও ভৌত এই তিনটি প্রধান শাখা সম্বন্ধে মৌলিক জ্ঞান থাকা অবশ্য প্রয়োজনীয়।

সাধারণভাবে বলতে গেলে বৈশ্লেষিক রসায়ন হচ্ছে আঙ্গিক ও মাত্রিক বিশ্লেষণের সমন্বয়। পাশ্চাত্ত্যের কয়েকটি বিশ্ববিদ্যালয়ে পূর্ণাঙ্গ পাঠক্রম আছে বৈশ্লেষিক রসায়নের—আর্দ্র বিশ্লেষণের রসায়ন (Classical or Wet chemical analysis) এবং যান্ত্রিক বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Instrumental Methods of Analysis)। আমাদের দেশে বৈশ্লেষিক রসায়ন এখনও বিশ্ববিদ্যালয়গুলিতে যথাযোগ্য স্থান পায়নি। মাত্র দু-চারটি বিশ্ববিদ্যালয়ে স্নাতকোত্তর পর্যায়ে পাঠক্রম রয়েছে। স্নাতক পর্যায়ে প্রায় কোনও পাঠক্রম নেই বল্লেই চলে। এই বিষয়ে পাঠ্যপুস্তকের অভাব রয়েছে বিশেষতঃ ভারতীয় ভাষায়। সেইদিকে পশ্চিমবঙ্গ সরকারের উৎসাহে বাংলা ভাষায় এই প্রথম পাঠ্যপুস্তকটি পশ্চিমবঙ্গ বিশ্ববিদ্যালয়গুলির বিশেষ প্রয়োজন মেটাবে।

সীমিত পরিসরের মধ্যে এবং সাম্মানিক স্নাতক পর্যায়ের দিকে লক্ষ্য রেখে বৈশ্লেষিক রসায়নের মৌলিক (Classical) দিকটা পরিস্ফুট করা হয়েছে এবং আধুনিক অর্থাৎ যান্ত্রিক পদ্ধতি ইত্যাদি বাদ দিতে হয়েছে। এটি অপরিহার্য কারণ আধুনিক বৈশ্লেষিক রসায়ন আমাদের

বিশ্ববিদ্যালয়ে স্নাতকোত্তর মানের উপযোগী। বলাবাহুল্য মৌলিক (Classical) অংশটি বৈশ্লেষিক রসায়নের মূল ভিত্তি যার সঙ্গে ছাত্র-ছাত্রীদের সম্যক পরিচিতি ঘটলে আধুনিক বৈশ্লেষিক রসায়ন করায়ত্ত করতে অসুবিধা হয় না। আর একটি বিষয় উল্লেখ করা যেতে পারে। বৈশ্লেষিক রসায়নে অজৈব রসায়নের ভূমিকা মুখ্য এবং জৈব রসায়নের ভূমিকা গৌণ। বিশ্বদ্যালয়গুলিতে স্নাতক পর্যায়ে রসায়নের ব্যবহারিক (Practical) পাঠক্রমে অজৈব রসায়নের গুরুত্ব বেশী। জৈব রসায়নের ব্যবহারিক (Practical) পাঠক্রমের জন্য দরকার পৃথক পুস্তিকা বা বর্তমান সিরিজের আর একটি খণ্ড। তাই এখানে সীমিত পরিসরের জন্য জৈব রসায়নের বৈশ্লেষিক দিক বাদ দিতে হয়েছে। বর্তমান পাঠ্য-পুস্তকে বৈশ্লেষিক রসায়নের মৌলিক তত্ত্ব এবং অজৈব আঙ্গিক ও মাত্রিক বিশ্লেষণ পূর্ণাঙ্গভাবে পরিবেশন করা হয়েছে। সাম্মানিক স্নাতক পর্যায়ে এই ধরনের এক খণ্ড পুস্তকে যাবতীয় প্রয়োজনীয় তথ্য সংকলন পাঠ্য-পুস্তকের ইতিহাসে এক নূতন বলিষ্ঠ পদক্ষেপ বলা যেতে পারে।

এই পাঠ্যপুস্তক রচনার পিছনে রয়েছে প্রধান গ্রন্থাকারের বৈশ্লেষিক রসায়নের ক্ষেত্রে দীর্ঘ কুড়ি বছরের গবেষণা ও অধ্যাপনার অভিজ্ঞতা এবং তাঁর প্রাক্তন সহকারী গবেষক ও বর্তমান সহকর্মীর অকুণ্ঠ সহ-যোগিতা ও পরিশ্রম। প্রকাশনার দায়িত্বভার বহনের জন্য পশ্চিমবঙ্গ সরকার (West Bengal State Book Board) কে অশেষ ধন্যবাদ জানাই। পরিশেষে আমাদের কৃতজ্ঞতা জানাই বিশ্বভারতী কর্তৃপক্ষকে তাঁদের সহযোগিতার জন্য।

বিশ্বভারতী
অক্টোবর, 1976

অনিল কুমার দে
অসিত কুমার সেন

সূচীপত্র

প্রথম ভাগ

আঙ্গিক ও মাত্রিক বিশ্লেষণের তত্ত্বগত দিক

দ্বিতীয় ভাগ

পরীক্ষা পদ্ধতি

তৃতীয় ভাগ

আঙ্গিক বিশ্লেষণ

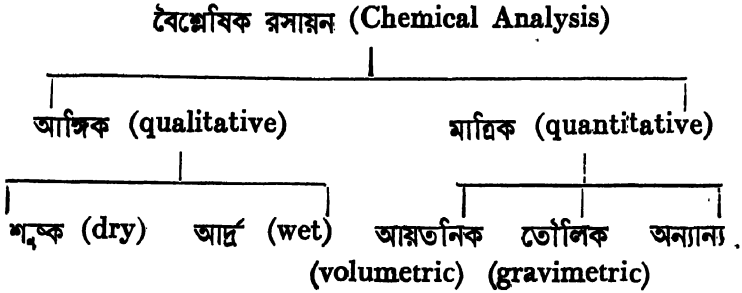
চতুর্থ ভাগ

মাত্রিক বিশ্লেষণ

প্রথম ভাগ

আঙ্গিক ও মাত্রিক বিশ্লেষণের তত্ত্বগত দিক

প্রথম অধ্যায়

প্রাথমিক পর্যালোচনা

বৈশ্লেষিক রসায়নকে মোটামুটি দুই ভাগে ভাগ করা যায়—আঙ্গিক এবং মাত্রিক। কি কি মৌলিক উপাদানে কোন বস্তু অথবা বস্তুর মিশ্রণ গঠিত এবং কিভাবে গঠিত পরীক্ষা করে জানবার প্রণালীকে বলা হয় আঙ্গিক বিশ্লেষণ। উপাদানগুলির পরিমাণ নির্ণয় প্রণালীকে বলা হয় মাত্রিক বিশ্লেষণ। কোন বস্তুকে অথবা বস্তুর উপাদানগুলিকে সনাক্ত করতে হলে সেই বস্তুকে অথবা বস্তুর উপাদানগুলিকে কোন পূর্ব পরিচিত রাসায়নিক যোগে রূপান্তরিত করতে হবে। পূর্ব পরিচিত বলতে এটুকু বোঝায় যার আকৃতি এবং প্রকৃতিগত ধর্ম ভালভাবে আমাদের জানা আছে। যে রাসায়নিক দ্রব্যের দ্বারা এই রূপান্তর সম্ভব হয় সেই দ্রব্যকে বলা হয় বিকারক (reagent) এবং এই রূপান্তর সম্ভব হয় রাসায়নিক বিক্রিয়ার (chemical reaction) মাধ্যমে। এই রাসায়নিক বিক্রিয়া যখন কোন দ্রাবকের (solvent) মাধ্যমে হয় তখন সেই প্রণালীকে বলা হয় **আর্দ্র বিশ্লেষণ** (wet test)। শুষ্ক অবস্থায় যখন এই বিক্রিয়া হয় তখন সেই প্রণালীকে বলা হয় **শুষ্ক বিশ্লেষণ** (dry test)।

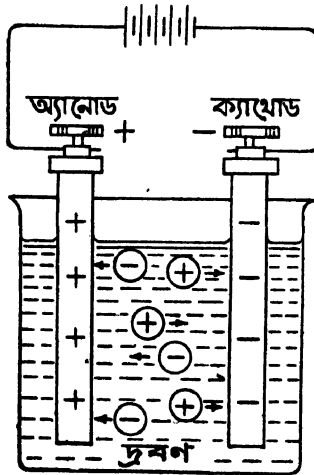
অজৈব বস্তুগুলির জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া

আঙ্গিক বিশ্লেষণে বিক্রিয়াগুলি সাধারণতঃ অজৈব অ্যাসিড, ক্ষারক (base) এবং লবণগুলির (salt) পরস্পরের মধ্যে ঘটে থাকে। এখানে কেবলমাত্র জলই দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বিশেষ বিশেষ পরীক্ষায় অন্যান্য দ্রাবকও ব্যবহার করা হয়ে থাকে। সুতরাং জলীয় দ্রবণে রাসায়নিক বস্তুগুলির প্রকৃতিগত এবং ধর্মগত সাধারণ জ্ঞান থাকা দরকার।

তড়িৎ বিয়োজন

1, 1. তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব (*Theory of Electrolytic Dissociation*)—যখন কোন রাসায়নিক বস্তু জলে দ্রবীভূত হয়, তখন সেই বস্তুর দ্রবণ (solution) পাওয়া যায়। বস্তুটিকে বলা হয় দ্রাব (solute)। দ্রাবকে দ্রাব দিতে দিতে একসময় দ্রাব আর দ্রবীভূত হয় না। এইরূপ অবস্থায় দ্রবণকে সম্পৃক্ত (saturated) বলা হয়।

কোন দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে সাধারণতঃ দুই প্রকারের ঘটনা ঘটে—(1) দ্রাবের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তখন দ্রাবকে বলা হয় **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ** (electrolyte)। যেমন অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ। (২) দ্রাবের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না, তখন দ্রাবকে বলা হয় **তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থ** (non-electrolyte)। যেমন, চিনি, গ্লুকোজ, ইথাইল অ্যালকোহল, ইউরিয়া ইত্যাদি। এখন দেখা যাক কি ধরণের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। একটি কাচের পাত্রে বিশুদ্ধ জল নিয়ে তার মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করে দেখা গেল জলের অণুগুলি ক্ষীণ তড়িৎ পরিবাহী (poor conductor of electricity),

তড়িৎ কোষ

1·1 চিত্র—তড়িৎ-বিশ্লেষণ

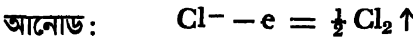
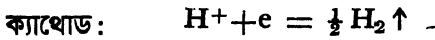
কিন্তু যখন সেই জলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ মেশানো হয়, তখন তীব্রভাবে জলের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। শুধু তাই না, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য

পদার্থ দুইটি বিপরীত ধর্মী আয়নে (ion) বিভক্ত হয়ে যায়—ধনাত্মক আয়ন (cation) ও ঋণাত্মক আয়ন (anion)—একটি হচ্ছে পরাবিদ্যুৎ ধর্মী (electropositive), অপরটি হচ্ছে অপরাবিদ্যুৎ ধর্মী (electronegative)। দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহকালীন ক্যাটায়নগুলি ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের অর্থাৎ ক্যাথোডের (cathode) দ্বারা আকৃষ্ট হবে এবং অ্যানায়নগুলি ধনাত্মক তড়িৎদ্বারের অর্থাৎ অ্যানোডের (anode) দ্বারা আকৃষ্ট হবে। অন্যভাবে বলা যায়, ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডে মুক্ত হবে এবং অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে মুক্ত হবে। এই ঘটনাকে বলা হয় **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (electrolysis)।

উদাহরণ হিসাবে ধরা যাক, HCl দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হল। তখন হাইড্রোজেন আয়ন, H^+ ক্যাথোডে গিয়ে মুক্ত হবে এবং H_2 গ্যাস পাওয়া যাবে। অন্যদিকে ক্লোরাইড আয়ন, Cl^-, অ্যানোডে গিয়ে মুক্ত হবে এবং Cl_2 গ্যাস পাওয়া যাবে।

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^- \quad (1.1)$$

ক্যাথোড: $H^+ + e = \frac{1}{2} H_2 \uparrow$

আনোড: $Cl^- - e = \frac{1}{2} Cl_2 \uparrow$

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন ঘটছে তার কারণ অনুসন্ধান করতে গিয়ে Arrhenius (1887) তাঁর বিয়োজনবাদ প্রকাশ করেন। তাঁর এই **তড়িত-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন তত্ত্বের** (Theory of Electrolytic Dissociation) সারমর্ম হচ্ছেঃ

(1) অ্যাসিড, ক্ষারক অথবা লবণকে যখন জলে দ্রবীভূত করা হয়, তখন অণুগুলি ভেঙ্গে দুই রকমের পদার্থকণা উৎপন্ন হয়— কতকগুলি ধনাত্মক কণা, অপরগুলি সমসংখ্যক ঋণাত্মক কণা। এই সব তড়িতাধান বিশিষ্ট অংশ গুলিকে বলা হয় 'আয়ন'।

$$A\ B \rightleftharpoons A^+ + B^- \quad (1.2)$$

এই বিয়োজন বা আয়ননের মাত্রা নির্ভর করে দ্রবণের লঘুতার উপর। অতি লঘু দ্রবণে আয়নন (ionisation) সম্পূর্ণ হয়েছে বলে ধরা যেতে পারে।

(২) দ্রবণে আয়নগুলি সর্বদাই পরস্পরের সংগে যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত অণু তৈরী করে। সুতরাং দ্রবণে উভমুখী বিক্রিয়ার (reversible reaction) ফলে উৎপন্ন আয়নগুলির মধ্যে একটি সাম্য বজায় থাকে এবং সেই সাম্য রাসায়নিক সাম্যসূত্র মেনে চলে।

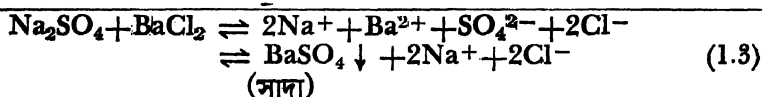
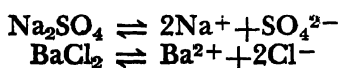
(৩) যখন কোন লবণের দ্রবণে তড়িত প্রবাহ চালনা করা হয়, তখন

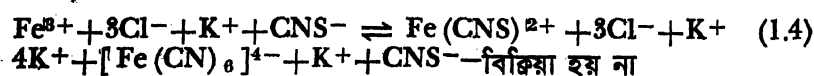
ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডের দিকে ছুটে যায় এবং অ্যানায়নগুলি অ্যানোডের দিকে ছুটে যায়।

(4) আয়নগুলি অণুগুলির মতই স্ফুটনাংক বৃদ্ধি করে, হিমাংক হ্রাস করে, বাষ্পচাপ হ্রাস করে এবং অসমোটিক চাপ (Osmotic pressure) তৈরী করে।

1, 2. দ্রবণে আয়নগুলির বিক্রিয়া—আঙ্গিক এবং মাত্রিক উভয় প্রকার বিশ্লেষণে আর্দ্র অবস্থায় রাসায়নিক বস্তুগুলি প্রথমে বিয়োজিত হয়ে যায়, তারপর পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া হয়। জলে দ্রবনীয় যে কোন সালফেট যৌগের মধ্যে $BaCl_2$ দ্রবণ মেশালে $BaSO_4$-র সাদা অধঃক্ষেপ (precipitate) পাওয়া যায়। তার কারণ হচ্ছে জলে দ্রবণীয় সালফেট যৌগগুলি বিয়োজিত হয়ে SO_4^{2-} আয়ন উৎপন্ন হয় এবং $BaCl_2$ দ্রবণে $BaCl_2$ যৌগ বিয়োজিত হয়ে Ba^{2+} আয়ন এবং Cl^- আয়ন উৎপন্ন হয়। আর্দ্র অবস্থায় যখন SO_4^{2-} আয়ন Ba^{2+} আয়নের সংস্পর্শে আসে তখন উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে অবিয়োজিত $BaSO_4$ গঠিত হয়। অবিয়োজিত $BaSO_4$ জলে অদ্রবণীয় এবং সাদা রঙের। সুতরাং আমরা সাদা অধঃক্ষেপ দেখতে পাই।

$$Na_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + SO_4^{2-}$$
$$BaCl_2 \rightleftharpoons Ba^{2+} + 2Cl^-$$

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightleftharpoons 2Na^+ + Ba^{2+} + SO_4^{2-} + 2Cl^-$$
$$\rightleftharpoons \underset{\text{(সাদা)}}{BaSO_4 \downarrow} + 2Na^+ + 2Cl^- \qquad (1.3)$$

এখন (1) নম্বর পরীক্ষানলে $FeCl_3$-র জলীয় দ্রবণ এবং (2) নম্বর পরীক্ষানলে $K_4[Fe(CN)_6]$-র জলীয় দ্রবণ নেওয়া হল। তারপর KCNS-র জলীয় দ্রবণ উভয় পরীক্ষানলে কয়েক ফোঁটা মেশান হল। (1) নম্বর পরীক্ষানলে রক্তলাল রঙীন দ্রবণ তৈরী হবে এবং (2) নম্বর পরীক্ষ্যনলে কোন পরিবর্তন দেখতে পাওয়া যাবে না। তার কারণ হচ্ছে, (1) নম্বর পরীক্ষানলে $FeCl_3$ বিয়োজিত হয়ে Fe^{3+} আয়ন উৎপন্ন হয় এবং ঐ Fe^{3+} আয়ন KCNS দ্রবণের CNS^- আয়নের সাথে বিক্রিয়ার ফলে রঙীন $Fe(CNS)^{2+}$ আয়ন তৈরী হয়। কিন্তু (2) নম্বর পরীক্ষানলে $K_4[Fe(CN)_6]$ জলে দ্রবীভূত হয়ে K^+ এবং জটিল $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়ন উৎপন্ন হয়, মুক্ত সরল Fe^{3+} আয়ন উৎপন্ন হয় না। সেজন্য (2) নম্বর পরীক্ষানলে রঙের পরিবর্তন হয় না।

$$Fe^{3+} + 3Cl^- + K^+ + CNS^- \rightleftharpoons Fe(CNS)^{2+} + 3Cl^- + K^+ \qquad (1.4)$$
$4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-} + K^+ + CNS^-$—বিক্রিয়া হয় না

জল ভিন্ন অন্য কোন দ্রাবকেও একই কথা প্রযোজ্য। যে কোন দ্রাবকে বিক্রিয়া হতে হলে প্রথমে প্রয়োজন যৌগের বিয়োজন। যদি কোন দ্রাবকে যৌগ বিয়োজিত না হয় তাহলে অভীষ্ট বিক্রিয়া হবে না।

1, 3. ভরক্রিয়া সূত্র (*Law of Mass Action*)—বৈশ্লেষিক রসায়নের তত্ত্বগত দিক বুঝতে হলে ভরক্রিয়া সূত্র সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞানলাভ করা প্রয়োজন।

তবে এখানে প্রাথমিক স্তরে আলোচনা করা হচ্ছে। 1867 সালে Guldberg এবং Waage ভরক্রিয়া সূত্র প্রকাশ করেন। 'কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিহার একটি নির্দিষ্ট তাপ মাত্রায় বিক্রিয়ক (reactant) দ্রব্যগুলির প্রত্যেকটির সক্রিয় ভরের সাথে সমানুপাতিক।' বর্তমান আলোচনায় সক্রিয় ভর (active mass) বলতে মোলার গাঢ়ত্ব (molar concentration) বুঝতে হবে এবং মোলার গাঢ়ত্ব বলতে প্রতি একক আয়তনে গ্রাম-অণুর পরিমাণ বুঝতে হবে। সুতরাং এই সূত্রকে অন্যভাবে প্রকাশ করা যায়— 'কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিহার একটি নির্দিষ্ট তাপ মাত্রায় বিক্রিয়ক দ্রব্যগুলির প্রত্যেকটির মোলার গাঢ়ত্বের সাথে সমানুপাতিক'। উভমুখী বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থা যথাযথভাবে প্রকাশ করার জন্য একটি সমসত্ত্ব মাধ্যমে (homogeneous system) ভরক্রিয়া সূত্র আলোচনা করা হচ্ছে।

প্রথমেই আলোচনা করা যাক একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি সরল উভমুখী বিক্রিয়া ঃ

$$A+B \rightleftharpoons C+D \tag{1.5}$$

A এবং B-র বিক্রিয়া গতিহার তাদের গাঢ়ত্বের সাথে সমানুপাতিক,

অর্থাৎ $$v_1 = k_1 \times [A] \times [B] \tag{1·6}$$

v_1 = সম্মুখে বিক্রিয়ার গতিহার

k_1 = গতিহার গুণাংক (velocity coefficient)=একটি ধ্রুবক।

সাম্যাবস্থায় মোলার গাঢ়ত্ব বোঝান হচ্ছে তৃতীয় বন্ধনীর দ্বারা।

বিপরীত বিক্রিয়ার গতিহার একইভাবে লেখা যায়

$$v_2 = k_2 \times [C] \times [D] \tag{1·7}$$

যেহেতু রাসায়নিক সাম্যাবস্থা গতিশীল (dynamic), কিছুক্ষণের মধ্যেই

যখন সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিহার বিপরীত বিক্রিয়ার গতিহারের সাথে সমান হবে, তখন সাম্যাবস্থা আসবে। সুতরাং সাম্যাবস্থায়

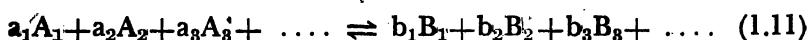
$$v_1 = v_2 \tag{1.8}$$

অথবা $k_1 \times [A] \times [B] = k_2 \times [C] \times [D]$ (1·9)

অথবা $$\frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} = \frac{k_1}{k_2} = K \tag{1.10}$$

K-কে সাম্য ধ্রুবক (equilibrium constant) বলে।
সাম্য ধ্রুবক একটি উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন দ্রব্যগুলির গাঢ়ত্বের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশক। তাপ ও চাপ মাত্রার পরিবর্তনের সাথে এই সাম্য ধ্রুবকের কিছুটা পরিবর্তন ঘটে।

সাধারণভাবে একটি উভমুখী বিক্রিয়া ধরা যাক।

$$a_1A_1 + a_2A_2 + a_3A_3 + \ldots \rightleftharpoons b_1B_1 + b_2B_2 + b_3B_3 + \ldots \tag{1.11}$$

এখানে $a_1, a_2, a_3, \ldots$ এবং $b_1, b_2, b_3, \ldots$ হচ্ছে

বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন অণুগুলির সংখ্যা। সাম্যাবস্থায়

$$\frac{[B_1]^{b_1} \times [B_2]^{b_2} \times [B_3]^{b_3} \times \ldots}{[A_1]^{a_1} \times [A_2]^{a_2} \times [A_3]^{a_3} \times \ldots} = K \tag{1.12}$$

উদাহরণ হিসাবে ধরা যাক HI-র বিয়োজন ঃ

$$2\,HI \rightleftharpoons H_2 + I_2 \tag{1.13}$$

$$K = \frac{[H_2] \times [I_2]}{[HI]^2} \tag{1.14}$$

একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে সাম্যাবস্থায় পেঁছবার জন্য বিক্রিয়ার গতি-হারের সাথে সাম্য ধ্রুবকের কোন সম্পর্ক নেই। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ার গতিহার বৃদ্ধি হয়। কিছু বিশেষ বস্তুর উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতিহার বৃদ্ধি অথবা হ্রাস পেতে দেখা যায়। যে বস্তুর উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতিহার বৃদ্ধি পায় তাকে বলা হয় ধন-প্রভাবক (positive catalyst) এবং বিক্রিয়ার গতিহার হ্রাস পায় যার উপস্থিতিতে তাকে বলা হয় ঋণ-প্রভাবক (negative catalyst)। চাপ এবং অনেক সময় আলোক রশ্মি বিক্রিয়া সাম্যের উপর প্রভাব বিস্তার করে।

1,4. Le Chatelier নীতি—বিক্রিয়া সাম্যের উপর তাপ, চাপ ও বিক্রিয়ক গাঢ়ত্বের প্রভাব বিষয় Le Chatelier নীতি বিশেষ আলোক-

পাত করে। এই নীতি হচ্ছে—'সাম্যাবস্থায় কোন সিস্‌টেম (system) বাইরের অথবা ভিতরের শর্তাবলী যেমন তাপ, চাপ, অথবা বিক্রিয়ক গাঢ়ত্ব পরিবর্তন করলে সিস্‌টেম বিক্রিয়াসাম্যের অবস্থান সরিয়ে নিজে এমনভাবে পরিবর্তিত হয় যাতে পরিবর্তন জনিত ফলকে প্রশমিত করা যায়।'

কয়েকটি উদাহরণ দিলে বিষয়টি পরিষ্কার হবে।

$$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45 \text{ কিলো ক্যালরি} \quad (1.15)$$

উপরের বিক্রিয়ায় (1·15) সমীকরণে দেখা যাচ্ছে তাপ উৎপন্ন হচ্ছে অর্থাৎ বিক্রিয়াটি তাপবিকীরক (exothermic)। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়াসাম্য বামদিকে সরবে এবং SO_3-র উৎপন্নের পরিমাণ কমে যাবে। অতএব এক্ষেত্রে উৎপন্ন বৃদ্ধি করতে হলে তাপমাত্রা কমাতে হবে।

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2 \quad (1.16)$$

দ্বিতীয় বিক্রিয়ার (1·16 সমীকরণ) বিয়োজনের ফলে অণুর সংখ্যা অর্থাৎ আয়তন বৃদ্ধি হচ্ছে। এই বিক্রিয়া যখন সাম্যাবস্থায় আছে, তখন যদি চাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হয় তাহলে আয়তন কমাবার জন্য বিক্রিয়াসাম্য বাম দিকে সরবে অর্থাৎ বিপরীত বিক্রিয়া ঘটবে এবং PCl_5 বাষ্পের বিয়োজন কমে যাবে। যদি এই সিস্টেমে অতিরিক্ত Cl_2 গ্যাস প্রয়োগ করা হয়, তাহলে বিক্রিয়ায় ডানদিকের বিক্রিয়ক গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাবে এবং বিক্রিয়াসাম্য বাম দিকে সরে যাবে। এক কথায় চাপমাত্রা ও Cl_2-র গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করলে PCl_5 বাষ্পের বিয়োজন কমে যাবে এবং চাপমাত্রা কমালে PCl_5 বাষ্পের বিয়োজন বৃদ্ধি পাবে। এই সমস্ত ঘটনাই পরীক্ষা করে সত্য বলে প্রমাণিত হয়েছে।

1, 5. সক্রিয়তা ও সক্রিয়তা গুণাংক (*Activity and Activity Coefficient*)—ভরক্রিয়া সূত্র বিষয়ে বর্তমান আলোচনায় যখন আমরা গাণিতিক সিদ্ধান্ত নিয়েছি তখন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী উপাদানগুলির সক্রিয়ভর বলতে বুঝেছি মোলার গাঢ়ত্ব। কিন্তু বর্তমান তাপগতি (Thermodynamic) রসায়নে সক্রিয়ভর বলতে সঠিকভাবে শুধু মোলার গাঢ়ত্ব বোঝায় না, আরও কিছুর গুণফল বোঝায়। সেই আরও কিছু হচ্ছে সক্রিয়তা গুণাংক (activity coefficient)। একটি দুই-উপাদান বিশিষ্ট তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের সাম্যধ্রুবক সঠিকভাবে প্রকাশ করতে হলে

উপাদানগুলির গাঢ়ত্ব বিবেচনা না করে উপাদানগুলির সক্রিয়তা (activity) বিবেচনা করতে হবেঃ

$$A\ B \rightleftharpoons A^{+} + B^{-} \tag{1.17}$$

$$K_a = \frac{a_{A^+} \times a_{B^-}}{a_{AB}} \tag{1.18}$$

এখানে a_{A^+} , a_{B^-} এবং a_{AB} দ্বারা যথাক্রমে A^+, B^- এবং অবিয়োজিত AB-র সক্রিয়তাগুলি বোঝায়। K_a-কে বলা হয় প্রকৃত (true) অথবা তাপগতি বিয়োজন ধ্রুবক (thermodynamic dissociation constant)। G. N. Lewis তাপগতির মাত্রা হিসাবে সক্রিয়তাকে প্রথম বিবেচনা করেন এবং গাঢ়ত্বের সাথে সম্পর্ক রেখে একটি গাণিতিক সমীকরণ রচনা করেনঃ সক্রিয়তা = গাঢ়ত্ব × সক্রিয়তা গুণাংক

সুতরাং যে কোন মোলার গাঢ়ত্বে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি লেখা যায়ঃ

$$a_{A^+} = f_{A^+} \times [A^+] \tag{1.19}$$

$$a_{B^-} = f_{B^-} \times [B^-] \tag{1.20}$$

$$a_{AB} = f_{AB} \times [AB] \tag{1.21}$$

এখানে f দ্বারা সক্রিয়তা গুণাংক বোঝান হচ্ছে।

অতএব. $$K_a = \frac{a_{A^+} \times a_{B^-}}{a_{AB}} = \frac{f_{A^+} \times [A^+] \times f_{B^-} \times [B^-]}{f_{AB}\,[AB]}$$

$$= \frac{f_{A^+} \times f_{B^-}}{f_{AB}} \times \frac{[A^+]\,[B^-]}{[AB]} \tag{1.22}$$

সুতরাং তাপগতি রসায়নে প্রকৃত বিয়োজন ধ্রুবক বলতে যা বোঝায় উপরোক্ত সমীকরণ তা সঠিক ভাবে প্রকাশ করে। ক্ষীণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ নিয়ে যখন ভরক্রিয়া আলোচনা করা হয় তখন উপরোক্ত সমীকরণই যথার্থভাবে রূপদান করতে পারে।

যখন কোন তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ অথবা কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের গাঢ় দ্রবণ নিয়ে আলোচনা করা হয়, তখন সাম্যধ্রুবকের সঠিকমান পেতে হলে সক্রিয়তা গুণাংক অবশ্যই বিবেচনা করা উচিত। কিন্তু মিশ্র লবণের অথবা মিশ্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের সক্রিয়তা গুণাংক নির্ণয় করা দুঃসাধ্য ব্যাপার। এই সব ব্যবহারিক প্রতিবন্ধকতা বিবেচনা করে প্রায় সকল ক্ষেত্রেই, বিশেষ করে লঘু দ্রবনের ক্ষেত্রে, সক্রিয়তার পরিবর্তে মোলার গাঢ়ত্ব প্রয়োগ করা হয়ে থাকে। এর জন্য যে ভ্রমমাত্রা বৃদ্ধি পায়, তা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ নয়।

দ্বিতীয় অধ্যায়

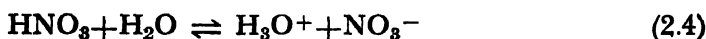
জলে অ্যাসিড ও ক্ষারকের সাম্য

2, 1. অ্যাসিড এবং ক্ষারক

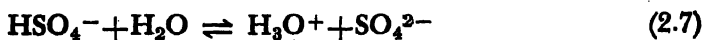
1. Arrhenius-তত্ত্ব—এই তত্ত্ব অনুযায়ী কোন রাসায়নিক পদার্থ জলে বিয়োজিত হয়ে যদি ধন-আয়ন (positive ion) হিসাবে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন হয় তাহলে ঐ রাসায়নিক পদার্থকে বলা হয় অ্যাসিড। যেমন, HNO_3, HCl, H_2SO_4, ইত্যাদি অ্যাসিড।

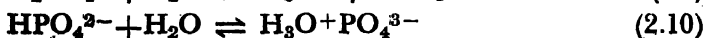
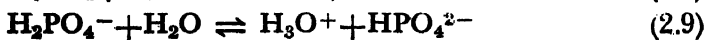
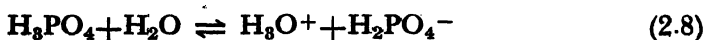
$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^- \quad (2.1)$$
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- \quad (2.2)$$
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^- \quad (2.3)$$

জলে H^+ অথবা প্রোটন কখনও মুক্ত আয়ন হিসাবে থাকতে পারে না। একটি প্রোটন এক বা একাধিক জলের অণুর সাথে সংযুক্ত থাকে। এখানে একটিমাত্র জলের অণুর সাথে সংযুক্ত অবস্থায় দেখানো হল :

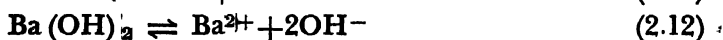
$$HNO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_3^- \quad (2.4)$$
$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^- \quad (2.5)$$
$$H_2SO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HSO_4^- \quad (2.6)$$

[বিঃ দ্রঃ—জলের অণুর অক্সিজেনে দুই জোড় নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকে। এই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের একটি কো-অর্ডিনেট বন্ড দ্বারা মুক্ত প্রোটনের সাথে সংযুক্ত হয় [$H—O: \rightarrow H^+$]। H_3O^+কে বলা হয় হাইড্রোক্সোনিয়াম অথবা হাইড্রোনিয়াম আয়ন। হাইড্রোজেন বন্ড দ্বারা হাইড্রোনিয়াম আয়ন একাধিক জলের অণুর সাথে সংযুক্ত থাকে]

জলে অ্যাসিড মেশালে এই যে বিয়োজন হচ্ছে তার কারণ জলের অণুর সাথে প্রোটনের সংযুক্ত হবার প্রবল আসক্তি। হাইড্রোক্লোরিক এবং নাইট্রিক অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়—হিমাঙ্ক হ্রাস পরীক্ষা করে এই সত্য প্রমাণিত হয়েছে। কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে এই বিয়োজন হয় ধাপে ধাপে। সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড। সাধারণ দ্রবণে প্রথম H^+টি সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয় (২·৬ সমীকরণ) এবং অতিলঘু দ্রবণে দ্বিতীয় H^+টির বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়।

$$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + SO_4^{2-} \quad (2.7)$$

অনুরূপভাবে ফসফোরিক অ্যাসিড (ত্রি-ক্ষারকীয় অ্যাসিড) দ্রবণে লঘুতার সাথে সঙ্গতি রেখে ধাপে ধাপে বিয়োজিত হয়ঃ

$$H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + H_2PO_4^- \quad (2.8)$$
$$H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HPO_4^{2-} \quad (2.9)$$
$$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ PO_4^{3-} \quad (2.10)$$

পর পর ধাপে ধাপে এই যে বিয়োজন হচ্ছে, তাদের বলা হয় প্রথম বিয়োজন (primary dissociation), দ্বিতীয় বিয়োজন (secondary dissociation) এবং তৃতীয় বিয়োজন (tertiary dissociation)। এই বিয়োজন স্তরগুলির মাত্রা এক নয়। যদি হ্রাসের পর্যায়ক্রমে সাজানো হয় তাহলে প্রথম বিয়োজন > দ্বিতীয় বিয়োজন > তৃতীয় বিয়োজন।

কোন রাসায়নিক পদার্থ জলে বিয়োজিত হয়ে যদি ঋণ-আয়ন (negative ion) হিসাবে কেবলমাত্র হাইড্রোক্সাইড আয়ন উৎপন্ন হয়, তাহলে ঐ রাসায়নিক পদার্থকে বলা হয় ক্ষারক। যেমন, $NaOH$, $Ba(OH)_2$, ইত্যাদি ক্ষারক।

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^- \quad (2.11)$$
$$Ba(OH)_2 \rightleftharpoons Ba^{2+} + 2OH^- \quad (2.12)$$

তাহলে প্রশমন অর্থে বোঝাচ্ছে, হাইড্রোজেন আয়ন হাইড্রোক্সাইড আয়নের সাথে সংযুক্ত হয়ে জলের অণু উৎপাদন করেঃ

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O \quad (2.13)$$

উপরে যে অ্যাসিড ও ক্ষারকের সংজ্ঞা দেওয়া হল তা প্রাচীন ধারণা অনুযায়ী। জলীয় দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলি যেমন, অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তি, প্রশমন এবং জলবিশ্লেষ ইত্যাদি ভালভাবে বিশ্লেষণ করতে এই তত্ত্ব বিশেষ কাজে লাগে। কিন্তু জল ভিন্ন অন্যান্য দ্রাবকে অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া বিশ্লেষণ করা এই তত্ত্ব দ্বারা সম্ভব নয়।

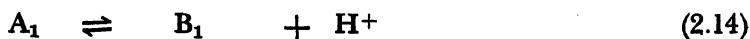
2. Brönsted-Lowry তত্ত্ব—1923 সালে Brönsted ও Lowry অ্যাসিড ও ক্ষারক সম্পর্কে মোটামুটি সন্তোষজনক তথ্যাবলী ব্যাখ্যা করেন। তাঁদের মতে—প্রোটন ত্যাগের ক্ষমতাবিশিষ্ট পদার্থমাত্রেই অ্যাসিড এবং প্রোটন গ্রাহিতা ধর্মবিশিষ্ট পদার্থমাত্রেই ক্ষারক। অ্যাসিড ও ক্ষারক প্রশমন অণু হতে পারে, আবার আয়নও হতে পারে। অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়ায় দ্রাবকের প্রয়োজন নাও হতে পারে। নীচে জলীয় দ্রবণে Brönsted তত্ত্ব অনুযায়ী

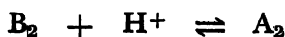
কিছু অ্যাসিড ও ক্ষারকের তালিকা দেওয়া হল :

	অ্যাসিড	ক্ষারক
প্রশম অণু :	HCl, HNO_3, H_2SO_4, H_2S, H_2O	NH_3, N_2H_4, NH_2OH, H_2O
পরাবাহী : (Cationic)	$[Al(H_2O)_x]^{3+}$, NH_4^+	$[Al(H_2O)_{x-1}(OH)]^{2+}$
অপরাবাহী : (Anionic)	HSO_4^-, $H_2PO_4^-$	Cl^-, OH^-, SO_4^{2-}

উপরের তত্ত্ব অনুযায়ী কোন পদার্থকে অ্যাসিড অথবা ক্ষারক হিসাবে প্রকাশ করতে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া সমীকরণগুলি লেখা যেতে পারে :

অ্যাসিড ⇄ অনুবন্ধ ক্ষারক + প্রোটন

$$A_1 \rightleftharpoons B_1 + H^+ \qquad (2.14)$$

ক্ষারক + প্রোটন ⇄ অনুবন্ধ অ্যাসিড

$$B_2 + H^+ \rightleftharpoons A_2$$

এই সমীকরণগুলি অনুসিদ্ধান্ত অনুযায়ী লেখা হয়েছে। প্রকৃত বিক্রিয়া এরূপ নাও হতে পারে। যাহোক, উপরের সমীকরণ থেকে বোঝা যাচ্ছে যে, প্রোটন A_1-র কাছ থেকে B_1-এর কাছে যাচ্ছে এবং A_2-র কাছ থেকে B_2-এর কাছে যাচ্ছে। উপরের সমীকরণ দুটি যদি যোগ করে লেখা যায় :

$$A_1 + B_2 \rightleftharpoons A_2 + B_1 \qquad (2.16)$$

অ্যাসিড (1) + ক্ষারক (2) ⇌ অ্যাসিড (2) + ক্ষারক (1)

ক্ষারক (1) ও অ্যাসিড (2) যথাক্রমে অ্যাসিড (1) ও ক্ষারক (2) এর অনুবন্ধ জোড় (Conjugate pair)। অ্যাসিড (1) যত বেশী তীব্র হবে এবং অ্যাসিড (2) যত বেশী ক্ষীণ হবে, উপরের বিক্রিয়াটি তত বেশী ডান দিকে প্রসারিত হবে এবং সম্পূর্ণ হবে। প্রশমন অর্থে এখানে বোঝাচ্ছে যে, প্রোটন অ্যাসিডের কাছ থেকে ক্ষারকের কাছে যাচ্ছে। তীব্র অ্যাসিড অতি সহজেই প্রোটন ত্যাগ করে এবং তীব্র ক্ষারক অতি সহজেই প্রোটন গ্রহণ করে। ক্ষীণ অ্যাসিডের প্রোটন ত্যাগের ক্ষমতা তীব্র অ্যাসিডের থেকে কম। অনুরূপভাবে বলা যায়, ক্ষীণ ক্ষারকের প্রোটন গ্রহণের ক্ষমতা তীব্র ক্ষারকের থেকে অনেক কম। এর থেকে সহজেই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, তীব্র অ্যাসিড অথবা ক্ষারকের অনুবন্ধ ক্ষারক অথবা অ্যাসিড ক্ষীণ হবে

এবং ক্ষীণ অ্যাসিড অথবা ক্ষারকের অনুবন্ধ ক্ষারক অথবা অ্যাসিড তীব্র হবে।

এতক্ষণ আমরা জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড এবং ক্ষারক সম্বন্ধে আলোচনা করেছি। জল ভিন্ন অন্যান্য দ্রাবকেও, যেমন তরল NH_3, HF, SO_2 ইত্যাদি, Brönsted তত্ত্ব অনুযায়ী অ্যাসিড—ক্ষারক বিক্রিয়া ঘটে। দ্রাবকের প্রোটন দায়িকা (proton donor) ও প্রোটন গ্রাহীতা (proton acceptor) শক্তির উপর নির্ভর করছে দ্রাবের অ্যাসিডীয় এবং ক্ষারকীয় ধর্ম। এই হিসাবে দ্রাবককে মোটামুটি চারভাগে ভাগ করা যায়ঃ

অ্যাসিডীয় (Protogenic) দ্রাবকঃ প্রোটন ত্যাগ করবাব স্পৃহা আছে। যেমন HF, H_2SO_4 CH_3COOH, C_6H_5OH ইত্যাদি।

ক্ষারকীয় (Protophilic) দ্রাবকঃ প্রোটন গ্রহণ করবার স্পৃহা আছে। যেমন— NH_3, N_2H_4, অ্যামিনগুলি, ইত্যাদি।

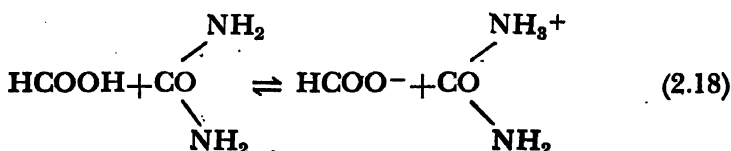
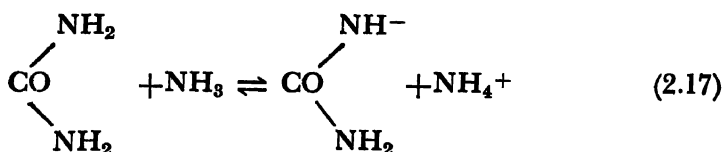
অ্যামফিপ্রোটিক (Amphiprotic) দ্রাবকঃ প্রোটন ত্যাগ অথবা গ্রহণ করবার স্পৃহা আছে।
যেমন— জল, অ্যালকহল ইত্যাদি।

অ্যাপ্রোটিক (Aprotic) দ্রাবকঃ প্রোটন ত্যাগ অথবা গ্রহণ করবার স্পৃহা নেই।
যেমন— C_6H_6, $CHCl_3$, CCl_4 ইত্যাদি।

সমস্ত কিছু বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা এখানে সম্ভব নয়। সেজন্য এখন দু-একটা উদাহরণ দিয়ে এই প্রসঙ্গ শেষ করবো।

ইউরিয়া (urea) যখন তরল অ্যামোনিয়ায় (ক্ষারকীয় দ্রাবক) দ্রবীভূত হয়, তখন অ্যাসিডের মত কাজ করে। আবার যখন অনার্দ্র (anhydrous) ফরমিক অ্যাসিডে (অ্যাসিডীয় দ্রাবক) দ্রবীভূত হয়, তখন তীব্র ক্ষারকের মত কাজ করে।

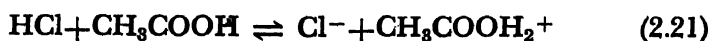
$$CO(NH_2)_2 + NH_3 \rightleftharpoons CO(NH^-)(NH_2) + NH_4^+ \quad (2.17)$$

$$HCOOH + CO(NH_2)_2 \rightleftharpoons HCOO^- + CO(NH_3^+)(NH_2) \quad (2.18)$$

অ্যাসিড (1) + ক্ষারক (2) $\rightleftharpoons$ ক্ষারক (1) + অ্যাসিড (2)

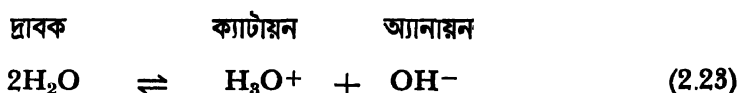
নাইট্রিক অ্যাসিড জলে তীব্র অ্যাসিডের কাজ করে, আবার তরল হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডে ক্ষারকের মত কাজ করে।

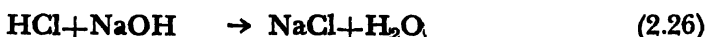
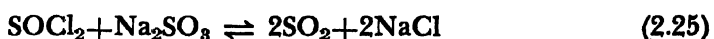
$$HNO_3 + H_2O \rightleftharpoons NO_3^- + H_3O^+ \quad (2.19)$$
$$HF + HNO_3 \rightleftharpoons F^- + H_2NO_3^+ \quad (2.20)$$

গ্লেসিয়াল CH_3COOH হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ক্ষারকের মত কাজ করে। আবার তরল অ্যামোনিয়ায় তীব্র অ্যাসিডের মত কাজ করে।

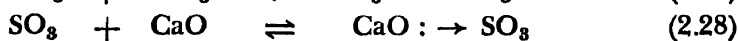
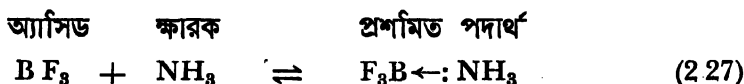
$$HCl + CH_3COOH \rightleftharpoons Cl^- + CH_3COOH_2^+ \quad (2.21)$$
$$CH_3COOH + NH_3 \rightleftharpoons CH_3COO^- + NH_4^+ \quad (2.22)$$

বৈশ্লেষিক দিক বিচার করলে অ্যাসিড-ক্ষারক তত্ত্ব হিসাবে Brönsted তত্ত্ব খুবই মূল্যবান। কিন্তু প্রোটন বিহীন পদার্থের অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া এই তত্ত্বের দ্বারা বিশ্লেষণ করা যায় না।

3. **দ্রাবক মাধ্যমে অ্যাসিড-ক্ষারক তত্ত্ব**—দ্রাবকগুলি স্বয়ংক্রিয়ভাবে আয়নিত হয়— এই অনুমানের ভিত্তিতে Frankland দ্রাবক মাধ্যমে অ্যাসিড-ক্ষারক তত্ত্বের অবতারনা করেন ১৯০৫ সালে। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়, জল এবং তরল SO_2 নিম্নলিখিতভাবে আয়নিত হয়ঃ

দ্রাবক		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন	
$2H_2O$	$\rightleftharpoons$	H_3O^+	+	OH^-	(2.23)
$2SO_2$	$\rightleftharpoons$	SO^{2+}	+	SO_3^{2-}	(2.24)

কোন পদার্থ দ্রাবকের মধ্যে দ্রাবক ক্যাটায়ন গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করলে ঐ দ্রাবকে পদার্থটিকে অ্যাসিড বলা হয় এবং দ্রাবকের মধ্যে দ্রাবক অ্যানায়ন গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করলে ঐ দ্রাবক পদার্থটিকে ক্ষারক বলা হয়। যেমনঃ HCl এবং NaOH জলে যথাক্রমে অ্যাসিড এবং ক্ষারক; $SOCl_2$ এবং Na_2SO_3 তরল SO_2 দ্রাবকে যথাক্রমে অ্যাসিড এবং ক্ষারক। প্রশমন অর্থে এখানে বোঝাচ্ছে, দ্রাবক ক্যাটায়ন দ্রাবক অ্যানায়নের সাথে সংযুক্ত হয়ে দ্রাবকের অণু উৎপন্ন করে।

$$SOCl_2 + Na_2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + 2NaCl \quad (2.25)$$
$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O \quad (2.26)$$

প্রোটনযুক্ত এবং প্রোটনহীন উভয় দ্রাবকের অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া এই তত্ত্বের দ্বারা বিশ্লেষণ করা যায়, কিন্তু আয়নিত হয় না এমন দ্রাবকে যেমন C_6H_6, $CHCl_3$ ইত্যাদিতে এই তত্ত্ব প্রয়োগ করা যায় না।

4. **Lewis** তত্ত্ব—অ্যাসিড পদার্থ একজোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং ক্ষারক পদার্থ একজোড়া ইলেকট্রন দান করে কোভ্যালেণ্ট বণ্ড তৈরী করে। এখানে প্রশমন অর্থে বোঝাচ্ছে, অ্যাসিড ও ক্ষারক মিলিত হয়ে একটি কোভ্যালেণ্ট বণ্ড তৈরী হওয়া। তাঁর মত অনুযায়ী অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়ার সাথে প্রোটনের কোন সম্পর্ক নেই। বিষয়টি পরিষ্কার করার জন্য নিম্নলিখিত উদাহরণগুলি দেওয়া হলঃ

অ্যাসিড		ক্ষারক		প্রশমিত পদার্থ	
BF_3	+	NH_3	$\rightleftharpoons$	$F_3B \leftarrow : NH_3$	(2.27)
SO_3	+	CaO	$\rightleftharpoons$	$CaO : \rightarrow SO_3$	(2.28)
SO^{2+}	+	SO_3^{2-}	$\rightleftharpoons$	$OS \leftarrow : SO_3$	(2.29)

সুতরাং যদি মিথাইল ভায়োলেট সূচক হিসাবে ব্যবহার করা হয়, তাহলে BF_3 অথবা BCl_3 অ্যাসিড থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড ক্ষারক দ্বারা ক্লোরোবেঞ্জিন দ্রাবকে অনুমাপন (titration) করা যায়। অনুরূপভাবে $AlCl_3$ অ্যাসিড C_6H_5N ক্ষারক দ্বারা ক্লোরোফর্ম দ্রাবকে অনুমাপন করা যায়। সূচকের রঙের পরিবর্তন হয় অ্যাসিডীয় মাধ্যমে হলুদ হতে ক্ষারকীয় মাধ্যমে বেগুনি।

এই তত্ত্বের গুণাবলী হচ্ছে—(1) প্রোটনহীন যৌগের অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া বিশ্লেষণ করতে পারে; (2) ধাতব অক্সাইডগুলির ক্ষারকীয় ধর্ম এবং অধাতু অক্সাইডগুলির অ্যাসিডীয় ধর্ম বিশ্লেষণ করতে পারে; (3) এই তত্ত্ব অনুসারে অনেক বাষ্পীয় বিক্রিয়াকে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় দ্রাবকবিহীন বিক্রিয়াকে প্রশমন পদ্ধতি বলা হয়। এই তত্ত্বের ত্রুটিগুলি হচ্ছে—(1) এক জোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে অথবা দান করে কোভ্যালেণ্ট বণ্ড তৈরী করলেই অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া হবে একথা সকল ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়; (2) অ্যাসিড ও ক্ষারক শক্তির কোন সঙ্গতিপূর্ণ ক্রম নেই; (3) ধাতু দ্বারা হাইড্রোজেন মুক্ত করাকে অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া বলে না (Lewis মত অনুসারে)। অবশ্য এইসব ত্রুটি থাকা সত্ত্বেও এই তত্ত্ব অ্যাসিড-ক্ষারক বিশ্লেষণে বিশেষ উপযোগী। Bjerrum (1947) সংজ্ঞার মাধ্যমে Brönsted এবং Lewis তত্ত্বের সংযোগ ঘটিয়েছেন এইভাবে :

অ্যাসিড=প্রোটনদাতা অথবা একজোড়া ইলেকট্রনগ্রাহীতা

ক্ষারক=প্রোটনগ্রাহীতা অথবা একজোড়া ইলেকট্রনদাতা

উপরোক্ত চারটি তত্ত্বের প্রত্যেকের নিজস্ব বৈশিষ্ট্য আছে এবং কোন একটি তত্ত্ব দ্বারা সকল প্রকার অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া বিশ্লেষণ করা যায় না।

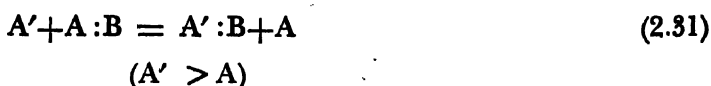
5. খর এবং মৃদু অ্যাসিড এবং ক্ষারক (*Hard and Soft acids and bases*)—Lewis তত্ত্ব অনুযায়ী অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া সাধারণভাবে লেখা হয়

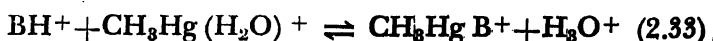
$$A \; + \; :B \; = \; A:B \tag{2.30}$$

অ্যাসিড ক্ষারক অ্যাসিড-ক্ষারক যৌগ অথবা কোভ্যালেণ্টযৌগ

প্রতিস্থাপন প্রক্রিয়ায় অ্যাসিড ও ক্ষারকের তুলনামূলক শক্তি নির্ণয় করা যেতে পারে :

$$A'+A:B = A':B+A \quad (A' > A) \tag{2.31}$$

$$B'+A:B = A:B'+B \quad (B' > B) \tag{2.32}$$

দুইটি ভিন্ন ধর্মীয় অ্যাসিডকে (H^+, CH_3Hg^+) নির্দিষ্টভাবে ধরা হয় এবং বিভিন্ন ক্ষারকের H^+ অথবা CH_3Hg^+-র সাথে সংযুক্ত হবার আসক্তি কতখানি পরীক্ষা করে দেখা হয়।

$$BH^+ + CH_3Hg(H_2O)^+ \rightleftharpoons CH_3HgB^+ + H_3O^+ \tag{2.33}$$

উপরের বিক্রিয়া (2·33 সমীকরণ) থেকে জানা যায় যে N, O, F (উদাহরণ OH^-, F^- ইত্যাদি) আছে এমন সব ক্ষারকের log K-র মান ক্ষুদ্র অর্থাৎ এইসব ক্ষারকের H^+-র সাথে সংযুক্ত হবার আসক্তি বেশী এবং P, S, I, Br, Cl ইত্যাদি আছে এমন সব ক্ষারকের log K-র মান বৃহৎ অর্থাৎ এইসব ক্ষারকের CH_3Hg^+-র সাথে সংযুক্ত হবার আসক্তি বেশী। উপরোক্ত বিক্রিয়ার (2·33 সমীকরণ) সাম্য ধ্রুবক পরিমাপ করে খর ও মৃদু ক্ষারকের একটি তালিকা প্রস্তুত করা যায়।

খর ক্ষারক (Hard bases)—ইলেকট্রন ধরে রাখার অধিক (উচ্চ) ক্ষমতা-সম্পন্ন ক্ষারক : অধিক electronegativity সম্পন্ন, অল্প (নিম্ন) polarizability সম্পন্ন এবং সহজে জারিত হয় না এমন দাতা-পরমাণু (donar atoms) দ্বারা গঠিত এইসব ক্ষারক। যেমন, H_2O, OH^-, F^-, Cl^-, NO^-_3 ইত্যাদি।

মৃদু ক্ষারক (Soft bases)—ইলেকট্রন ধরে রাখার অল্প (নিম্ন) ক্ষমতা-সম্পন্ন ক্ষারক : নিম্ন electronegativity সম্পন্ন, উচ্চ polarizability

সম্পন্ন এবং সহজে জারিত হয় এমন দাতা-পরমাণু দ্বারা গঠিত এইসব ক্ষারক। যেমন, I^-, SCN^-, $S_2O_3^{2-}$, R_2S (alkyl=R) ইত্যাদি।

সীমা রেখা (Border line) একই দাতা নাইট্রোজেন পরমাণু যদি অসম্পৃক্ত হয়, তাহলে ইলেকট্রনগুলি সহজে ত্যাগ করে। যেমন, C_5H_5N, Br^-, SO_3^{2-}, N_2, ইত্যাদি।

অনুরূপভাবে খর এবং মৃদু অ্যাসিডের তালিকা প্রস্তুত করা যায়। যে সকল অ্যাসিডের খর ক্ষারকের সাথে সংযুক্ত হবার আসক্তি প্রবল (H^+-র মত) তাদেরকে বলা হয় খর অ্যাসিড এবং যে সকল অ্যাসিডের মৃদু ক্ষারকের সাথে সংযুক্ত হবার আসক্তি প্রবল (CH_3Hg^+-র মত) তাদেরকে বলা হয় মৃদু অ্যাসিড।

খর অ্যাসিড (Hard acids)—উচ্চ ইলেকট্রনাকর্ষী ক্ষমতা সম্পন্ন অ্যাসিডঃ উচ্চ electronegativity সম্পন্ন এবং নিম্ন polarizability সম্পন্ন অর্থাৎ ক্ষুদ্রাকার উচ্চ ধন-আধানযুক্ত (positive charge) এবং নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় (lone pair) নাই এমন গ্রহীতা পরমাণু (acceptor atom) দ্বারা গঠিত এই সব অ্যাসিড। যেমন, H^+, Li^+, Na^+, Mg^{2+}, Co^{3+} ইত্যাদি।

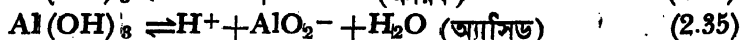
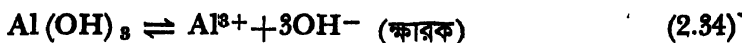
মৃদু অ্যাসিড (Soft acids)—নিম্ন ইলেকট্রনাকর্ষী ক্ষমতা সম্পন্ন অ্যাসিডঃ নিম্ন electronegativity সম্পন্ন এবং উচ্চ polarizability সম্পন্ন অর্থাৎ বৃহদাকার, নিম্ন ধন-আধানযুক্ত এবং নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় আছে এমন গ্রহীতা পরমাণু দ্বারা গঠিত এইসব অ্যাসিড। যেমন, Ag^+, Cu^+, Hg^+, Cl, O ইত্যাদি।

সীমা রেখা—Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} ইত্যাদি।

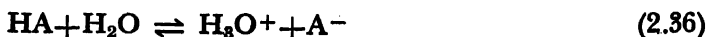
HSAB **নীতি** (*Principle of HSAB*)ঃ খর অ্যাসিড খর ক্ষারকের সাথে সংযুক্ত হতে চায় এবং মৃদু অ্যাসিড মৃদু ক্ষারকের সাথে সংযুক্ত হতে চায়।

2, 2. উভধর্মী তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বা অ্যাম্ফোলাইট (*Amphoeteric Electrolytes* or *Ampholytes*)—এমন অনেক পদার্থ আছে যারা অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ভাবেই ক্রিয়া করতে পারে, তাদেরকে অ্যাম্ফোলাইট বলে, যেমন, $Al(OH)_3$।

$$Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{3+} + 3OH^- \text{ (ক্ষারক)} \quad (2.34)$$

$$Al(OH)_3 \rightleftharpoons H^+ + AlO_2^- + H_2O \text{ (অ্যাসিড)} \quad (2.35)$$

2, 3. অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তি (*Strengths of Acids and Bases*)—আণ্বিক প্রথায় অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তি নির্ভর করে তাদের বিয়োজনের

মাত্রার উপর। অ্যাসিড কতখানি প্রোটন ত্যাগ করতে পারে তার উপর নির্ভর করছে অ্যাসিডের শক্তি এবং ক্ষারক কতখানি প্রোটন গ্রহণ করতে পারে তার উপর নির্ভর করছে ক্ষারকের শক্তি। কিন্তু অ্যাসিড এবং ক্ষারকের শক্তি কিছুটা মাত্রিক হবে যদি অ্যাসিড এবং ক্ষারকের শক্তি পরিমাপ করি বিক্রিয়া সাম্যের মাধ্যমে। মনে কর, HA একটি যে কোন সাধারণ একক্ষারকীয় অ্যাসিড। তার বিয়োজন হবে

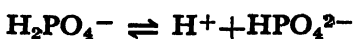
$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^- \qquad (2.36)$$

এবং বিক্রিয়া সাম্য ধ্রুবক, $K' = \dfrac{[H_3O^+][A^-]}{[HA][H_2O]}$ (2.37)

যখন $[H_3O^+] = 1$, K' = অ্যাসিডের শক্তি পরিমাপক।
২·37 সমীকরণের হরে আছে $[H_2O]$। $[H_2O]$-র অর্থ হচ্ছে তরল জলের অণুর গাঢ়ত্ব (55·5 মোল/লিটার, সাধারণ আয়তনিক গাঢ়ত্বের মাপ অনুসারে)। যখন দ্রবণ অতিলঘু, তখন $[H_2O]$কে ধ্রুবক ধরা যেতে পারে। তাহলে (২·37) সমীকরণ এইভাবে লেখা যেতে পারে

$$K'' = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} \qquad (2.38)$$

H_3O^+-র পরিবর্তে জটিলতা কমাবার জন্য লেখা হয় H^+, কিন্তু মনে রাখতে হবে H^+-র অর্থ হচ্ছে সোদক (Hydrated) প্রোটন। সুতরাং (২·38) নম্বর সমীকরণকে লেখা হয়

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \qquad (2.39)$$

এখানে অ্যাসিড বিয়োজন ধ্রুবক বা আয়নন ধ্রুবক (acid dissociation constant or ionisation constant) K_a উপরোক্ত অ্যাসিডের শক্তি পরিমাপক। বিভিন্ন অ্যাসিডের K_a মান থেকে তাদের আপেক্ষিক তীব্রতা মাপা যায়। যদি HA জৈব অথবা অজৈব এককক্ষারীয় অ্যাসিড হয় তাহলে K_a তার আয়নন ধ্রুবক। যদি HA অ্যানায়ন হয়, যেমন $H_2PO_4^-$, তাহলে

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$$

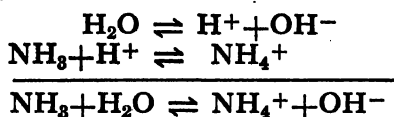
এবং সাম্য ধ্রুবক $K_a = \dfrac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$

K_a-কে বলা হয় ফসফোরিক অ্যাসিডের দ্বিতীয় বিয়োজন ধ্রুবক। যদি HA ক্যাটায়ন অ্যাসিড হয়, যেমন, NH_4^+, তাহলে

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[NH_3][H^+]}{[NH_4^+]} = NH_4^+ \text{ অ্যাসিডের শক্তি পরিমাপক।}$$

আমরা জানি যে কোন অ্যাসিডের বিক্রিয়া সাম্যে অনুবন্ধ ক্ষারক থাকবেই, সুতরাং আলাদাভাবে ক্ষারকের শক্তি সম্বন্ধে আলোচনা করা অনাবশ্যক। অ্যামোনিয়া এবং অ্যামিনগুলির জলীয় দ্রবণ কেন ক্ষারকীয় হচ্ছে তা সহজেই উপলব্ধি করা যাবে যদি Brönsted তত্ত্ব অনুযায়ী আলোচনা করা যায়।

$$\begin{array}{l} H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \\ NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+ \\ \hline NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \end{array}$$

ক্ষারকীয় বিয়োজন ধ্রুবক

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \tag{2.40}$$

এখানে $[NH_3]$=অ্যামোনিয়ার মোট গাঢ়ত্ব (অ্যামোনিয়া মুক্ত NH_3 হিসাব থাকে, NH_4OH-র প্রকৃত অস্তিত্বের কোন প্রমাণ পাওয়া যায় নাই)। K_b ক্ষারকের শক্তি পরিমাপক। যে ক্ষারকের K_b যত বেশী সে ক্ষারক তত তীব্র। K_a এবং K_b সাম্য ধ্রুবক বলেই তাপমাত্রা ও দ্রাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। যেহেতু $[H^+]\times[OH^-]=K_w$=জলের আয়নীয় গুণফল (ionic product of water) (২·40) সমীকরণের ডানদিকে লব ও হরকে $[H^+]$ দ্বারা গুণ করে পাওয়া যাবে

$$K_b = \frac{[NH_4^+]\times[H^+]\times[OH^-]}{[NH_3]\times[H^+]} = \frac{K_w}{\frac{[NH_3]\times[H^+]}{[NH_4^+]}}$$

$$= \frac{K_w}{K_a} \tag{2.41}$$

বিভিন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তিমানের তারতম্য হয় দশের বহুগুণ বেশী। সেজন্য সাধারণতঃ K_a এবং K_b-র মান pK মান হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

$$pK = -\log_{10}K \tag{2.42}$$

অর্থাৎ $$pK_a = -\log_{10}K_a \tag{2.43}$$

এবং $$pK_b = -\log_{10}K_b \tag{2.44}$$

অতএব pK_a যত বেশী হবে, সেই অ্যাসিড তত ক্ষীণ হবে এবং অনুবন্ধ

ক্ষারক তত তীব্র হবে। অনুরূপভাবে বলা হয় pK_b যত বেশী হবে, সেই ক্ষারক তত ক্ষীণ হবে এবং অনুবন্ধ অ্যাসিড তত তীব্র হবে। অ্যাসিড যদি ক্ষীণ হয়, তাহলে Ostwald-র লঘুতা সূত্র (Ostwald dilution Law) অনুযায়ী

$$K_a = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V} \tag{2.45}$$

$\alpha =$ সাম্যবস্থায় বিয়োজন অংক

$V =$ লিটার পরিমাপে দ্রবণের আয়তন

যেহেতু অ্যাসিড ক্ষীণ, $(1-\alpha) \cong 1$

$$\therefore \quad \alpha^2 = K_a V$$

অথবা

$$\alpha = \sqrt{K_a V} \tag{2.46}$$

অ্যাসিডের লঘুতা যদি জানা থাকে, তাহলে দুটি ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্ষেত্রে পাওয়া যাবে

$$\alpha_1 = \sqrt{K_1 V}$$

এবং

$$\alpha_2 = \sqrt{K_2 V}$$

অথবা

$$\alpha_1/\alpha_2 = \frac{\sqrt{K_1}}{K_2} \tag{2.47}$$

অর্থাৎ যে কোন দুটি ক্ষীণ অ্যাসিডের বিয়োজনের মাত্রা একই লঘুতায় তাদের বিয়োজন ধ্রুবকের বর্গমূলের সাথে সমানুপাতিক (proportional)।

2, 1. তালিকা। 25° সে. তাপমাত্রায় বিয়োজন ধ্রুবক

একক্ষারকীয় অ্যাসিড

অ্যাসিড	K_a	pK_a
ফরমিক অ্যাসিড	$1{\cdot}77 \times 10^{-4}$	3·75
অ্যাসেটিক অ্যাসিড	$1{\cdot}76 \times 10^{-5}$	4·75
প্রোপায়োনিক অ্যাসিড	$1{\cdot}34 \times 10^{-5}$	4·87
বোরিক অ্যাসিড	$5{\cdot}80 \times 10^{-10}$	9·24
নাইট্রাস অ্যাসিড	$4{\cdot}60 \times 10^{-4}$	3·34
মনোক্লোরো অ্যাসেটিক অ্যাসিড	$1{\cdot}50 \times 10^{-3}$	2·82
বেনজোইক অ্যাসিড	$6{\cdot}37 \times 10^{-5}$	4·20
ফেনল	$1{\cdot}30 \times 10^{-10}$	9·88

দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড

অ্যাসিড	K_1	pK_1	K_2	pK_2
হাইড্রোজেন সালফাইড	$9 \cdot 10 \times 10^{-8}$	7·04	$1 \cdot 20 \times 10^{-15}$	14·92
সালফিউরাস অ্যাসিড	$1 \cdot 70 \times 10^{-2}$	1·77	$1 \cdot 00 \times 10^{-7}$	7·00
সালফিউরিক অ্যাসিড	—	—	$1 \cdot 15 \times 10^{-2}$	1·94
কার্বনিক অ্যাসিড	$4 \cdot 31 \times 10^{-7}$	6·37	$5 \cdot 61 \times 10^{-11}$	10·25
অক্জালিক অ্যাসিড	$5 \cdot 90 \times 10^{-2}$	1·23	$6 \cdot 40 \times 10^{-5}$	4·19
সাকসিনিক অ্যাসিড	$6 \cdot 63 \times 10^{-5}$	4·18	$2 \cdot 54 \times 10^{-6}$	5·60
α- টার্টারিক অ্যাসিড	$1 \cdot 04 \times 10^{-3}$	2·98	$4 \cdot 55 \times 10^{-4}$	3·34

ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড

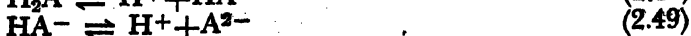
অ্যাসিড	K_1	pK_1	K_2	pK_2	K_3	pK_3
ফসফরিক অ্যাসিড	$7 \cdot 52 \times 10^{-3}$	2·12	$6 \cdot 23 \times 10^{-8}$	7·21	$5 \cdot 00 \times 10^{-13}$	12·30
সাইট্রিক অ্যাসিড	$9 \cdot 20 \times 10^{-4}$	3·04	$2 \cdot 69 \times 10^{-5}$	4·57	$1 \cdot 34 \times 10^{-6}$	5·87
আর্সেনিক অ্যাসিড	$5 \cdot 00 \times 10^{-3}$	2·30	$4 \cdot 0 \times 10^{-5}$	4·40	$6 \cdot 00 \times 10^{-10}$	9·22

ক্ষারক

	K_b	pK_b
অ্যামোনিয়া	$1 \cdot 79 \times 10^{-5}$	4·75
মিথাইল অ্যামিন	$4 \cdot 38 \times 10^{-4}$	3·46
ইথাইল অ্যামিন	$5 \cdot 60 \times 30^{-4}$	3·25
ট্রাই ইথাইল অ্যামিন	$6 \cdot 40 \times 10^{-4}$	3·19
অ্যানিলিন	$4 \cdot 0 \times 10^{-10}$	9·40
পিরিডিন	$2 \cdot 0 \times 10^{-9}$	8·70
কুইনোলিন	$6 \cdot 0 \times 10^{-10}$	9·22

2, 4. বহুক্ষারকীয় অ্যাসিডের বিয়োজন (*Dissociation of Polybasic Acids*)—যখন একটি ক্ষারকীয় অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত হয়, তখন বিভিন্ন হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি বিভিন্ন মাত্রায় বিয়োজিত হয় অর্থাৎ অ্যাসিডটি স্তরে স্তরে বিয়োজিত হয়। মনে কর H_2A একটি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড। তাহলে তার প্রথম বিয়োজন ও দ্বিতীয় বিয়োজন নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$H_2A \rightleftharpoons H^+ + HA^- \qquad (2.48)$$

$$HA^- \rightleftharpoons H^+ + A^{2-} \qquad (2.49)$$

যদি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড ক্ষীণ হয়, তাহলে ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করে আমরা প্রথম বিয়োজন ধ্রুবক K_1 এবং দ্বিতীয় বিয়োজন ধ্রুবক K_2 নিম্নলিখিত সমীকরণের দ্বারা পাব

$$K_1 = \frac{[H^+][HA^-]}{[H_2A]} \quad (2.50)$$

$$K_2 = \frac{[H^+][A^{2-}]}{[HA^-]} \quad (2.51)$$

প্রত্যেক বিয়োজন স্তরের নিজস্ব আয়নন ধ্রুবক আছে এবং তাদের মান থেকে একটি বিশেষ গাঢ়ত্বে অ্যাসিডটির ঐ স্তরে আয়ননের মাত্রা জানা যায়। প্রথম বিয়োজন সম্পূর্ণ হলে পর দ্বিতীয় বিয়োজন সুরু হবে। K_1 K_2-র থেকে যত বেশী বড় হবে, দ্বিতীয় বিয়োজনের মাত্রা তত কম হবে এবং দ্রবণটি খুব বেশী লঘু হলে পর দ্বিতীয় বিয়োজন সুরু হবে। এর থেকে বোঝা যাচ্ছে যে কোন বহু ক্ষারকীয় অ্যাসিডে নির্দিষ্ট লঘুতা পর্যন্ত বিয়োজন সংক্রান্ত ধর্মের ব্যাপারে এক ক্ষারকীয় অ্যাসিডের মত কাজ করবে।

H_3A যদি ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড হয়, তাহলে অনুরূপভাবে প্রথম বিয়োজন ধ্রুবক K_1, দ্বিতীয় বিয়োজন ধ্রুবক K_2 এবং তৃতীয় বিয়োজন ধ্রুবক K_3 পাওয়া যাবে।

$$H_3A \rightleftharpoons H^+ + H_2A^-, \quad K_1 = \frac{[H^+][H_2A^-]}{[H_3A]} \quad (2.52)$$

$$H_2A^- \rightleftharpoons H^+ + HA^{2-}, \quad K_2 = \frac{[H^+][HA^{2-}]}{[H_2A^-]} \quad (2.53)$$

$$HA^{2-} \rightleftharpoons H^+ + A^{3-}, \quad K_3 = \frac{[H^+][A^{3-}]}{[HA^{2-}]} \quad (2.54)$$

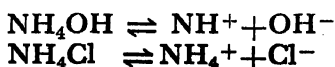
2, 5. সাধারণ আয়ন প্রভাব (*Common Ion Effect*)—মনে কর BA একটি ক্ষীণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ। জলে মেশালে BA আংশিক বিয়োজিত হবে এবং বিক্রিয়াটি উভমুখী হবে

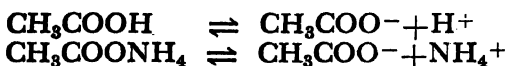
$$BA \rightleftharpoons B^+ + A^- \quad (2.55)$$

সাম্য ধ্রুবক $K_b = \frac{[B^+][A^-]}{[BA]}$ (2.56)

এইসাম্যাবস্থা সাম্য সূত্র মেনে চলে। এখন যদি জলীয় দ্রবণে এমন একটি তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ করা হয় যা বিয়োজিত হয়ে B^+

আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়িয়ে দেয় তাহলে (২·56) ভগ্নাংশের লব বেড়ে যাবে। কিন্তু K_b ধ্রুবক হওয়ায় সমানুপাতিকহারে A^- আয়নের গাঢ়ত্ব কমে যাবে অর্থাৎ (২·55) সমীকরণের বিক্রিয়া সাম্য ডানদিক থেকে বামদিকে প্রসারিত হবে। অনুরূপভাবে A^- আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়ালে B^+ আয়নের গাঢ়ত্ব কমে যাবে। উৎপন্ন আয়নের সাথে সাধারণ (Common) নয় এমন আয়ন যোগ করলে বিক্রিয়া সাম্য ঠিক থাকবে, কোনদিকে প্রসারিত হবে না। সুতরাং ক্ষীণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে একটি সাধারণ আয়ন যোগ করলে বিয়োজনের মাত্রা কমে যায়। একেই বলে সাধারণ আয়ন প্রভাব। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, NH_4OH একটি ক্ষীণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ।

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH^+ + OH^-$$
$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

যদি ঐ দ্রবণে NH_4Cl যোগ করা হয় তাহলে NH_4Cl সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে সাধারণ আয়ন NH_4^+-র গাঢ়ত্ব বাড়িয়ে দেয়। তখন NH_4OH-র বিয়োজন সাম্য ডানদিক থেকে বামদিকে প্রসারিত হয় অর্থাৎ বিয়োজন কমে যায়। অনুরূপভাবে অ্যাসিটেট আয়ন যোগ করলে সাধারণ আয়ন প্রভাবে CH_3COOH-র বিয়োজন কমে যায়।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONH_4 \rightleftharpoons CH_3COO^- + NH_4^+$$

উদাহরণ 1. একলিটার 0·২ মোলার অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণে 0·২ গ্রাম অণু অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট মেশালে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিয়োজন মানের কিরূপ পরিবর্তন হবে? ২5°সে. উষ্ণতায় অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিয়োজন ধ্রুবক $K = 1·8২ \times 10^{-5}$।

আমরা ভরক্রিয়া সমীকরণ থেকে জানি

$$K = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} = 1·82 \times 10^{-5}$$

যেহেতু α-র মান একের তুলনায় অনেক কম, সেজন্য $(1-\alpha)$ কে আমরা 1 ধরতে পারি। অতএব

$$\alpha = \sqrt{\frac{k}{c}} = \sqrt{\frac{1·82 \times 10^{-5}}{0·2}} = \sqrt{91 \times 10^{-6}} = 9·539 \times 10^{-3}$$

অতএব 0·২ মোলার অ্যাসেটিক দ্রবণে

$$[H^+] = [CH_3COO^-] = 0·0095\,39 \times 0·2 = 0·0018$$

এবং $[CH_3COOH] = 0·2 - 0·0018 = 0·1982$

যেহেতু সোডিয়াম অ্যাসিটেট লবণ, সুতরাং সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয় এবং সাধারণ আয়ন প্রভাব অনুসারে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিয়োজন কমিয়ে দেয় অর্থাৎ দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্ব কমে যায়। সুতরাং আমরা লিখতে পারি দ্রবণে অ্যাসিটেট আয়নের গাঢ়ত্ব শুধুমাত্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট বিয়োজন জনিত অর্থাৎ 0·2 গ্রাম অণু। এখন যদি α' অ্যাসিডের নূতন বিয়োজন অঙ্ক হয়, তাহলে $[H^+]=\alpha' c=0\cdot2\alpha'$ এবং $[CH_3COOH]=(1-\alpha')\,c=0\cdot2$

যেহেতু α'-র মান খুবই কম। আমরা ভরক্রিয়া সমীকরণ থেকে লিখতে পারি

$$\frac{[H^+]\,[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}=\frac{0\cdot2\alpha'\times0\cdot2}{0\cdot2}=1\cdot82\times10^{-5}$$

অথবা $$\alpha'=\frac{1\cdot82\times10^{-5}}{0\cdot2}=0\cdot91\times10^{-4}$$

এবং $$[H^+]=\alpha' c=0\cdot91\times10^{-4}\times0\cdot2=1\cdot82\times10^{-5}$$

অতএব দেখা যাচ্ছে যে, একলিটার 0·2 মোলার অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণে 0·2 গ্রাম অণু অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট মেশালে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিয়োজন 1·8% থেকে কমে গিয়ে হয় 0·018% এবং হাইড্রোজেন আয়ন গাঢ়ত্ব $1\cdot8\times10^{-3}$ থেকে কমে গিয়ে হয় $1\cdot82\times10^{-5}$।

উদাহরণ 2. একলিটার H_2S সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে একলিটার 0·4 মোলার HCl দ্রবণ মেশালে সালফাইড আয়ন গাঢ়ত্বের কিরূপ পরিবর্তন হবে? 25° সে. উষ্ণতায় H_2S-র বিয়োজন ধ্রুবক $K_1=9\cdot1\times10^{-8}$ এবং $K_2=1\cdot2\times10^{-15}$।

25° সে. উষ্ণতায় ও সাধারণ চাপমাত্রায় H_2S-র সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ প্রায় 0·1 মোলার হয়। ভরক্রিয়া সমীকরণ থেকে আমরা জানি

$$K_1=\frac{[H^+]\,[HS^-]}{[H_2S]}=9\cdot1\times10^{-8} \qquad \text{(i)}$$

এবং $$K_2=\frac{[H^+]\,[S^{2-}]}{[HS^-]}=1\cdot2\times10^{-15} \qquad \text{(ii)}$$

K_2-র ক্ষুদ্রমান থেকে বোঝা যায় যে, দ্বিতীয় বিয়োজন অর্থাৎ $[S^{2-}]$ খুবই কম। সেজন্য H_2S-র প্রথম বিয়োজন মানকে বেশী গুরুত্ব দেওয়া হয় এবং $[H^+]$ ও $[HS^-]$ কার্যক্ষেত্রে একই ধরা হয় অর্থাৎ $[H^+]=[HS^-]$।

(i) সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়

$$[H^+] = [HS^-] = \sqrt{9\cdot1\times10^{-8}\times0\cdot1} = 9\cdot539\times10^{-5}$$

এবং $[S^{2-}] = \dfrac{1\cdot2\times10^{-15}\times[HS^-]}{[H^+]} = 1\cdot2\times10^{-15}$

এখন HCl মেশাবার পর

$$[HS^-] = \frac{9\cdot1\times10^{-8}\times[H_2S]}{[H^+]} = \frac{9\cdot1\times10^{-8}\times0\cdot1}{0\cdot2}$$
$$= 4\cdot55\times10^{-8}$$

এবং $[S^{2-}] = \dfrac{1\cdot2\times10^{-15}\times[HS^-]}{[H^+]} = \dfrac{1\cdot2\times10^{-15}\times4\cdot55\times10^{-8}}{0\cdot2}$
$$= 2\cdot73\times10^{-22}$$

সুতরাং দ্রবণে $[H^+]$-র মান $9\cdot5\times10^{-5}$ মোলার থেকে $0\cdot2$ মোলার পরিবর্তন করার ফলে সালফাইড আয়ন গাঢ়ত্ব $1\cdot2\times10^{-15}$ থেকে কমে গিয়ে হয় $2\cdot73\times10^{-22}$।

উদাহরণ 3. একলিটার $0\cdot1$ মোলার অ্যামোনিয়া দ্রবণে $53\cdot5$ গ্রাম NH_4Cl মেশালে অ্যামোনিয়ার বিয়োজন মানের কিরূপ পরিবর্তন হবে? অ্যামোনিয়ার বিয়োজন ধ্রুবক$=1\cdot8\times10^{-5}$।

$0\cdot1$ মোলার অ্যামোনিয়া দ্রবণে $\alpha=\sqrt{1\cdot8\times10^{-5}\times0\cdot1}=0\cdot013$ অতএব, $[OH^-] = 0\cdot0013$. $[NH_4^+] = 0\cdot0013$ এবং $[NH_3]=0\cdot0987$। মনে কর NH_4Cl মেশাবার পর অ্যামোনিয়ার নূতন বিয়োজন অঙ্ক হচ্ছে α'।

তাহলে $[OH^-]=\alpha'c=0\cdot1\alpha'$ এবং $NH_3] = (1-\alpha')c = 0\cdot1$

(যেহেতু α'-র মান খুবই কম)। এখন K হচ্ছে ধ্রুবক, অতএব অ্যামোনিয়া দ্রবণে NH_4Cl লবন মেশাবার পর ক্ষারক থেকে উৎপন্ন $[NH_4^+]$ কমে যাবে এবং অবিয়োজিত অ্যামোনিয়ার গাঢ়ত্ব বেড়ে যাবে। এখন $53\cdot5$ গ্রাম NH_4Cl = 1 গ্রাম অণু NH_4Cl, তাহলে $[NH_4^+]\cong1$ আমরা ভরক্রিয়া সমীকরণ থেকে লিখতে পারি

$$\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = \frac{1\times0\cdot1\,\alpha'}{0\cdot1} = 1\cdot8\times10^{-5}$$

অথবা $\alpha' = 1\cdot8\times10^{-5}$

এবং $[OH^-] = \alpha'c = 1\cdot8\times10^{-6}$

অতএব একলিটার 0·1 মোলার NH_4OH দ্রবণে এক গ্রামতুল্যাংক NH_4Cl মেশালে NH_4OH-র বিয়োজন মান 1·35% থেকে কমে গিয়ে 0·0018% হয় এবং $[OH^-]$ 0·0013 থেকে কমে গিয়ে 0·0000018 হয়।

2, 6. জলের আয়নীয় গুণফল (*Ionic Product of Water*)

1894 সালে Kohlrausch এবং Heidweiller পরীক্ষা করে দেখতে পেলেন যে, বিশুদ্ধ জলের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে খুব সামান্য পরিমাণে হলেও তড়িৎ বিশ্লেষণ হয়। জল তাহলে অবশ্যই অল্প-মাত্রায় বিয়োজিত হয় :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

(H^+ আয়ন মুক্ত থাকে না, হাইড্রোনিয়াম আয়ন হিসাবে থাকে)

এখন ভরক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী জলের বিয়োজন ধ্রুবক বা আয়নন ধ্রুবক পাওয়া যাবে।

$$K = \frac{a_{H^+} \times a_{OH^-}}{a_{H_2O}} = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]} \times \frac{f_{H^+} \times f_{OH^-}}{f_{H_2O}} \qquad (2.57)$$

এখানে a=সক্রিয়তা; [ ]=গাঢ়ত্ব; f=সক্রিয়তা গুণাঙ্ক

জল খুব সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয়। সুতরাং আয়ন গাঢ়ত্বগুলি খুব কম। অতএব $f_{H^+} = f_{OH^-} = f_{H_2O} = 1$ ধরা যেতে পারে। তাহলে (2·57) সমীকরণ হবে

$$K = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]} \qquad (2.58)$$

বাস্তবিক পক্ষে সামান্য বিয়োজনের ফলে $[H_2O]$-র বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না, সুতরাং $[H_2O]$ ধ্রুবক ধরা যেতে পারে। তাহলে (2·58) সমীকরণ হবে

$$[H^+] \times [OH^-] = K \times [H_2O] = K_w = \text{ধ্রুবক} \qquad (2.59)$$

K_w-কে বলা হয় জলের আয়নীয় গুণফল। এখানে মনে রাখা প্রয়োজন যে, জল যখন বিশুদ্ধ হবে এবং জলীয় দ্রবণ যখন অতিলঘু হবে তখনই কেবল K_w ধ্রুবক হবে। গাঢ় দ্রবণে K_w ধ্রুবক হবে না। কিন্তু সক্রিয়তা গুণাঙ্ক পরিমাপ করা খুবই কঠিন কাজ বলে কার্যতঃ K_w-কে ধ্রুবক ধরে নেওয়া হয়।

এখানে মনে রাখা দরকার যে, K_w তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। ২৫° সে. তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ জলের $K_w=1 \cdot 0 \times 10^{-14}$ ধরা হয় এবং 100° সে. তাপমাত্রায় $K_w=1 \cdot 0 \times 10^{-12}$।
হাইড্রোজেন আয়ন ও হাইড্রোক্সিল আয়নের গাঢ়ত্ব গ্রাম-আয়ন প্রতি লিটার হিসাবে প্রকাশ করা হয়।
এখন $[H^+] \times [OH^-]=K_w=0 \cdot 1 \times 10^{-14}$
যেহেতু $[H^+]=[OH^-]$, অতএব $[H^+]^2=1 \cdot 0 \times 10^{-14}$
অথবা $[H^+]=[OH^-]=1 \cdot 0 \times 10^{-7}$ গ্রাম-আয়ন প্রতি লিটার (২৫° সে.)।

2, 7. হাইড্রোজেন আয়ন প্রতীক, pH

যদি কোন দ্রবণে $[H^+]=[OH^-]$ হয়, তাহলে দ্রবণটিকে প্রশম দ্রবণ (neutral solution) বলা হয়। যদি $[H^+]>10^{-7}$ হয়, তাহলে দ্রবণটিকে বলা হয় অ্যাসিডীয় (acidic); যদি $[H^+]<10^{-7}$ হয়, তাহলে দ্রবণটিকে বলা হয় ক্ষারকীয় (basic)।
অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়া $[H^+]$ অথবা $[OH^-]$-র উপর নির্ভর করে, সুতরাং তাদের গাঢ়ত্ব জানার প্রয়োজন হয়। বারংবার হাইড্রোজেন আয়ন বা হাইড্রোক্সিল আয়নের গাঢ়ত্ব গ্রাম-আয়ন প্রতি লিটার হিসাবে প্রকাশ করা অসুবিধাজনক। সেই জন্য 1909 সালে Sörensen pH ক্রমের প্রবর্তন করেন। pH-র গাণিতিক সংজ্ঞা এই রকমঃ

$$pH = -\log_{10}[H^+] = \log_{10}\frac{1}{[H^+]} \quad (2.60)$$

অথবা $$[H^+] = 10^{-pH} \quad (2.61)$$

অর্থাৎ pH হচ্ছে হাইড্রোজেন আয়ন গাঢ়ত্বের ঋণাত্মক লগারিদ্‌ম্‌ (logarithm)। অনুরূপভাবে বলা যায়,

$$pOH = -\log_{10}[OH^-] = \log_{10}\frac{1}{[OH^-]} \quad (2.62)$$

অথবা $$[OH^-] = 10^{-pH} \quad (2.63)$$

এই পদ্ধতির সুবিধা এই যে, যদি দ্রবণটি $[H^+]$ অনুযায়ী এক মোলার হতে $[OH^-]$ অনুযায়ী এক মোলার গাঢ়ত্ব সীমার মধ্যে থাকে, তাহলে যে কোন পরিমাণ অ্যাসিডীয় অথবা ক্ষারকীয় হোক না কেন, pH ক্রমে 0 থেকে 14 পর্যন্ত ধন-সংখ্যা (positive numbers) দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

যেমন, একটি প্রশম দ্রবণের $[H^+]=10^{-7}$, অতএব প্রশম দ্রবণটির pH হবে 7 ; একটি 1(N) অ্যাসিড দ্রবণের $[H^+]=10^{\circ}$ অতএব দ্রবণটির pH হবে 0; একটি 1(N) ক্ষারকীয় দ্রবণের $[OH^-]=10^{\circ}$ অতএব

$$[H^-]=\frac{K_w}{[OH^-]}=\frac{1\cdot0\times10^{-14}}{10^{\circ}}=1\cdot0\times10^{-14}$$ এবং দ্রবণটির

pH হবে 14; অর্থাৎ দ্রবণের pH 7 হলে দ্রবণটি হবে প্রশম, দ্রবণের $pH>7$ হলে দ্রবণটি হবে ক্ষারকীয়, দ্রবণের $pH<7$ হলে দ্রবণটি হবে অ্যাসিডীয়।

এখন আমরা জানি, $[H^+]=[OH^-]=K_w=10^{-14}$

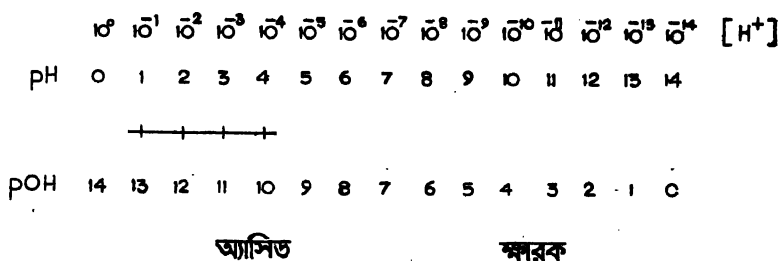
অথবা এইভাবে লেখা যায়, $\log[H^+]+\log[OH^-]=\log K_w=-14$

অর্থাৎ $pH+pOH=pK_w=14$ (2.64)

এই সমীকরণ যে কোন লঘু দ্রবণে 25° সে. তাপমাত্রায় প্রযোজ্য।

এখন যদি 0 থেকে 14 পর্যন্ত pH মানের একটি ক্রম আঁকা যায়, তাহলে 0 থেকে 7 পর্যন্ত অ্যাসিডক্রম এবং 7 থেকে 14 পর্যন্ত ক্ষারকক্রম পাওয়া যাবে।

	10^{0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}	$[H^+]$
pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
pOH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

অ্যাসিড ক্ষারক

একটি উদাহরণ দিলে জিনিষটি বেশ পরিস্কার হয়।

উদাহরণ—$1\cdot2\times10^{-4}$(N) অ্যাসিড এবং $2\cdot5\times10^{-5}$ (N) ক্ষারকের pH নির্ণয় কর।

$1\cdot2\times10^{-4}$(N) অ্যাসিডে $[H^+]=1\cdot2\times10^{-4}$ গ্রাম আয়ন/লিটার

অতএব $pH=-\log1\cdot2\times10^{-4}=4-\log1\cdot2$

$$=4-0\cdot0792=3\cdot92$$

$2 \cdot 5 \times 10^{-5}$ (N) ক্ষারকে $[OH^-] = 2 \cdot 5 \times 10^{-5}$ গ্রাম আয়ন/লিটার

এখন $[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 5 \times 10^{-5}} = \frac{1}{2 \cdot 5} \times 10^{-9}$

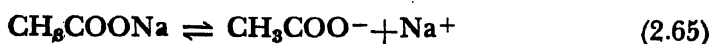
অতএব $pH = -\log \frac{1}{2 \cdot 5} \times 10^{-9} = 9 + \log 2 \cdot 5$

$= 9 + 0 \cdot 3979 = 9 \cdot 40$

2, 8. বাফার দ্রবণ (*Buffer Solution*)

কোন দ্রবণে সামান্য পরিমাণ অ্যাসিড অথবা ক্ষারক যোগ করলে $[H^+]$-র বেশ খানিকটা পরিবর্তন হয় অর্থাৎ দ্রবণটির pH মানের পরিবর্তন হয়। কিন্তু কতকগুলি ক্ষীণ অ্যাসিড ও তার একটি লবণের দ্রবণে অথবা ক্ষীণ ক্ষারক ও তার একটি লবণের দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড অথবা ক্ষারক যোগ করলে আশানুরূপ pH মানের পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ ঐ সকল দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়ন গাঢ়ত্ব হ্রাস-বৃদ্ধি রোধ করার ক্ষমতা আছে। এইরূপ $[H^+]$ হ্রাস-বৃদ্ধি রোধ করার ক্ষমতাযুক্ত দ্রবণকে বাফার দ্রবণ বলা হয়। যেমন ক্ষীণ অ্যাসিড CH_3COOH ও তার লবণ CH_3COONa মিশ্রণ, ক্ষীণ ক্ষারক NH_4OH ও তার লবণ NH_4Cl মিশ্রণ, ইত্যাদি।

বাফার ক্রিয়া (buffer action) বুঝতে হলে প্রথমে একটি ক্ষীণ অ্যাসিড ও তার লবণ মিশ্রণের বিক্রিয়া সাম্য আলোচনা করা প্রয়োজন। মনে কর CH_3OOH ও CH_3COONa মিশ্রণ বাফার দ্রবণ হিসাবে নেওয়া হয়েছে,

$$CH_3COONa \rightleftharpoons CH_3COO^- + Na^+ \qquad (2.65)$$

তারমধ্যে সামান্য পরিমাণ HCl যোগ করা হল। HCl তীব্র অ্যাসিড এবং দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- \qquad (2.66)$$

ঐ H^+ তৎক্ষণাৎ (২·65) সমীকরণ থেকে প্রাপ্ত CH_3COO^--র সাথে যুক্ত হয়

$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH \qquad (2.67)$$

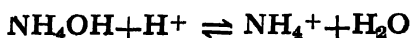
এবং অবিয়োজিত ক্ষীণ অ্যাসিড, CH_3COOH, উৎপন্ন করে। সাধারণ আয়ন প্রভাবে CH_3COOH-র বিয়োজনমাত্রা খুবই কম। সুতরাং HCl থেকে দ্রবণে যতগুলি H^+ উৎপন্ন হল, তাহার সমস্তই অ্যাসিটেট আয়নের সাথে বিক্রিয়া ঘটে দ্রবণটিকে H^+ প্রভাব মুক্ত করল অর্থাৎ দ্রবণের pH একই রইল। মনে কর যদি HCl-র পরিবর্তে NaOH যোগ করা হয়। তাহলে $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$ বিয়োজিত হয়ে দ্রবণে $[OH^-]$

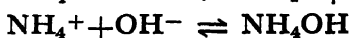
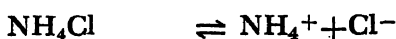
বৃদ্ধি করবে বলে আশা করা যায়। কিন্তু ঐ OH^- তৎক্ষণাৎ অবিয়োজিত CH_3COOH-র সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যাসিটেট আয়ন ও প্রশম জলের অণু উৎপন্ন করে।

$$CH_3COOH + OH^- \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_2O \qquad (2.68)$$

(২·68) সমীকরণ থেকে বোঝা যায় CH_3COOH দ্রবণটিকে OH^- প্রভাব থেকে মুক্ত করল অর্থাৎ দ্রবণের pH বাড়ল না, একই থাকল।

এবার ক্ষীণ ক্ষারক NH_4OH ও তার লবণ NH_4Cl মিশ্রণের বাফার-ক্রিয়া ব্যাখ্যা করা যাক। মনে কর, NH_4OH ও NH_4Cl মিশ্রণ বাফার দ্রবণ হিসাবে নেওয়া হয়েছে।

$$NH_4OH + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+ + H_2O$$

এখন ঐ বাফার দ্রবণে সামান্য পরিমাণ HCl যোগ করলে ঐ H^+ তৎক্ষণাৎ অবিয়োজিত ক্ষীণ ক্ষারক NH_4OH-র সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যামোনিয়াম আয়ন ও প্রশম জলের অনু উৎপন্ন করে। সুতরাং বোঝা যাচ্ছে ক্ষীণ ক্ষারক NH_4OH দ্রবণটিকে H^+ প্রভাব হতে মুক্ত করে এবং দ্রবণের pH কমে যায় না। HCl-র পরিবর্তে যদি NaOH যোগ করা হয়, তাহলে ঐ OH^- আয়ন NH_4Cl বিয়োজন জনিত NH_4^+ আয়নের সাথে তৎক্ষণাৎ বিক্রিয়া ঘটিয়ে অবিয়োজিত ক্ষীণ ক্ষারক NH_4OH উৎপন্ন করে :

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$
$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4OH$$

এর থেকে বোঝা যায়, NH_4^+ আয়ন দ্রবণটিকে OH^- প্রভাব থেকে মুক্ত করে এবং দ্রবণের pH বাড়তে দেয় না।

অন্যান্য বাফার দ্রবণের ক্ষেত্রেও একই বিক্রিয়া পদ্ধতিতে দ্রবণের pH অপরিবর্তিত থাকে। খুব বেশী ব্যবহৃত বাফার দ্রবণ হচ্ছে :

(ক) $ClCH_2COOH + CH_3COONa$; (খ) $KHC_4H_4O_6$ (পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারট্রেট সম্পৃক্ত দ্রবণ; (গ) $KHC_8H_4O_4$ (পটাসিয়াম হাইড্রোজেন থ্যালেট (ঘ) $CH_3COOH + CH_3COONa$; (ঙ) $KH_2PO_4 + Na_2HPO_4, 12\,H_2O$; (চ) $Na_2B_4O_7, 10\,H_2O$; (ছ) $NH_4Cl + NH_4OH$.

বাফার দ্রবণে pH নির্ণয় করবার জন্য (২·67) সমীকরণ থেকে আমরা পাচ্ছি।

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-] \times [H^+]}{[CH_3COOH]} \qquad (2.69)$$

অথবা $$[H^+] = \frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

অথবা $pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$

অথবা $pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অ্যাসিড}]}$ .... (2.70)

এই সমীকরণ (Henderson's Equation) দ্বারা যে কোন বাফার দ্রবণের pH নির্ণয় করা যায়। pK_a ধ্রুবক। সুতরাং বাফার দ্রবণের pH লবণ ও অ্যাসিড গাঢ়ত্বের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। এই অনুপাত যদি 1 হয়, তাহলে $pH = pK_a$। এই অনুপাত যদি 10 হয়, তাহলে $pH = pK_a + 1$, আর যদি এই অনুপাত $\frac{1}{10}$ হয়, তাহলে $pH = pK_a - 1$। সাধারণতঃ লবণ ও অ্যাসিড গাঢ়ত্বের অনুপাত 0·1 থেকে 10 মধ্যে থাকে, অর্থাৎ যে কোন বাফার দ্রবণের pH মান $pK_a + 1$ থেকে $pK_a - 1$ পর্যন্ত হতে পারে।

2, 2. তালিকা: কতকগুলি বিশেষ বাফার দ্রবণ

ক্রমিক সংখ্যা	বাফার দ্রবণ	pH সীমা (range)
1.	পটাসিয়াম হাইড্রোজেন থ্যালেট-হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	2·2—3·8
2.	অ্যাসেটিক অ্যাসিড-অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট	4·0—6·0
3.	ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট-পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট	5·3—8·0
4.	পটাসিয়াম হাইড্রোজেন থ্যালেট-সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড	4·0—6·2
5.	বোরিক অ্যাসিড-সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড	7·8—10
6.	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড-অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড	8·5—10

উদাহরণ 1. 0·5 মোলার অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং 0·5 মোলার সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিশ্রিত এক লিটার দ্রবণে 1 মিঃ লিঃ 10 মোলার HCl মেশালে দ্রবণটির pH কত হবে? $pK = 4·74$

HCl দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়। সুতরাং অ্যাসিড হতে $[H^+]$ পাচ্ছি $\frac{10}{1000} = 0·01$ গ্রাম আয়ন/লিটার। এখন 0·01 মোল H^+, 0·01

মোল অ্যাসিটেট আয়নের সাথে মিলিত হয়ে 0·01 মোল অবিয়োজিত CH_3COOH উৎপন্ন করে। কাজেই আমরা মেশাবার পর পাচ্ছি

$$[CH_3COOH]=0\cdot5+0\cdot01=0\cdot51 \text{ মোল}$$
$$[CH_3COO^-]=0\cdot5-0\cdot01=0\cdot49 \text{ মোল}$$

যেহেতু দ্রবণের আয়তন = 1 লিটার

অতএব, $[CH_3COOH]=0\cdot51$ মোলার

এবং $[CH_3COO^-]=0\cdot49$ মোলার

$$\text{এখন, } pH = pK+\log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অ্যাসিড}]}$$
$$= 4\cdot74+\log\frac{0\cdot49}{0\cdot51} = 4\cdot74-0\cdot017$$
$$= 4\cdot72$$

উদাহরণ 2. 0·5 মোলার অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং 0·5 মোলার সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিশ্রিত 100 মি.লি. দ্রবণে 0·001 মোল (গ্রাম অণু) NaOH মেশালে দ্রবণটির pH কত হবে? $pK = 4\cdot74$

100 মি.লি. মিশ্রিত দ্রবণে প্রথম অবস্থায় 0·05 মোল CH_3COOH এবং 0·05 মোল CH_3COO^- আছে এবং 0·001 মোল OH^- মেশালে তুলাঙ্ক পরিমাণ CH_3COOH অ্যাসিটেট আয়নে পরিবর্তিত হবে। কাজেই আমরা মেশাবার পর পাচ্ছি

$$[CH_3COOH]=0\cdot05-0\cdot001=0\cdot049 \text{ মোল}$$
$$[CH_3COO^-]=0\cdot05+0\cdot001=0\cdot051 \text{ মোল}$$

যেহেতু দ্রবণের আয়তন = 100 মি.লি. = 0·1 লিটার

অতএব, $[CH_3COOH]= 0\cdot49$ মোলার

এবং $[CH_3COO^-]= 0\cdot51$ মোলার

$$\text{এখন, } pH=pK+\log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অ্যাসিড}]}= 4\cdot74+\log\frac{0\cdot51}{0\cdot49}$$
$$=4\cdot74+0\cdot017=4\cdot76$$

2, 9. লবণের জলবিশ্লেষ (*Hydrolysis of Salts*)

লবণের জলবিশ্লেষ বলতে গেলে Brönsted অ্যাসিড-ক্ষারক সমীকরণের একটি সহজ প্রয়োগঃ

$$A_1+B_2 \rightleftharpoons A_2+B_1 \qquad (2.71)$$

অ্যামোনিয়াম লবণের জলবিশ্লেষ সমীকরণ তার Brönsted অ্যাসিড হিসাবে NH_4^+ আয়নের শক্তি নির্ণয় সমীকরণ একই

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+ \qquad (2.72)$$

এবং প্রকৃতপক্ষে এখানে অ্যাসিড ধ্রুবক K_a এবং অ্যামোনিয়াম লবণের জলবিশ্লেষ ধ্রুবক (hydrolysis constant) একই। ক্ষীণ অ্যাসিডের লবণের জলবিশ্লেষ অনুরূপ ভাবে বিশ্লেষণ করা যায়। যেমন ধর, সোডিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণে বিক্রিয়া সাম্য হবে

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^- \qquad (2.73)$$

এবং জলবিশ্লেষ ধ্রুবক, K_h হবে

$$K_h = \frac{[CH_3COOH] \times [OH^-]}{[CH_3COO^-]} = \frac{[OH^-]}{[CH_3COO^-]/[CH_3COOH]}$$

$$= \frac{[H^+][OH^-]}{[H^+][CH_3COO^-]/[CH_3COOH]} = \frac{K_w}{K_a} \qquad (2.74)$$

এখানে K_a হচ্ছে CH_3COOH-র বিয়োজন ধ্রুবক।

লবণগুলিকে মোটামুটি চারটি প্রধান ভাগে ভাগ করা চলেঃ

(*i*) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকের মিশ্রণে উৎপন্ন লবণ, যেমন HCl

(*ii*) ক্ষীণ অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকের মিশ্রণে উৎপন্ন লবণ, যেমন CH_3COONa

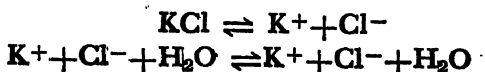
(*iii*) তীব্র অ্যাসিড ও ক্ষীণ ক্ষারকের মিশ্রণে উৎপন্ন লবণ, যেমন NH_4Cl

(*iv*) ক্ষীণ অ্যাসিড ও ক্ষীণ ক্ষারকের মিশ্রণে উৎপন্ন লবণ, যেমন CH_3COONH_4

এই লবণগুলির যে কোন একটিকে জলে দ্রবীভূত করলে দ্রবণটি প্রশম হবে, অথবা অ্যাসিডীয় হবে, অথবা ক্ষারকীয় হবে এবং কি হবে তা নির্ভর করবে লবণটির প্রকৃতির উপর। সাধারণতঃ জলের অণুর সাথে বিক্রিয়ার ফলে এমন ঘটনা ঘটে। এই বিক্রিয়া হয় অল্প পরিমাণে এবং উভমুখীভাবে। এই বিক্রিয়ার ফলে অতি অল্প পরিমাণে মূল অ্যাসিড অথবা ক্ষারক অথবা উভয়ই উৎপন্ন হয়। এই ঘটনাকে বলা হয় জলবিশ্লেষ।

(*i*) MA যদি তীব্র অ্যাসিড HA ও তীব্র ক্ষারক BOH মিশ্রণ হতে উৎপন্ন হয়, তাহলে দ্রবণটি প্রশম দ্রবণ হবে, কারণ অ্যাসিড ও ক্ষারক

উভয়েই সমান ভাবে বিয়োজিত হবে। যেমন

$$KCl \rightleftharpoons K^+ + Cl^-$$
$$K^+ + Cl^- + H_2O \rightleftharpoons K^+ + Cl^- + H_2O$$

(*ii*) মনে কর MA একটি ক্ষীণ অ্যাসিড HA এবং তীব্র ক্ষারক BOH মিশ্রণ হতে উৎপন্ন লবণ। লবণটি জলে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে যায়ঃ

$$MA \longrightarrow M^+ + A^- \quad (2.75)$$

এই A^--র আয়ন অল্প বিয়োজিত জলের H^+ আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে ক্ষীণ অ্যাসিড HA উৎপন্ন করেঃ

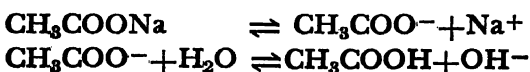
$$H^+ + A^- \rightleftharpoons HA \quad (2.76)$$

আমরা জানি জলের অণু বিয়োজিত হয়ে H^+ ও OH^- উৎপন্ন করে

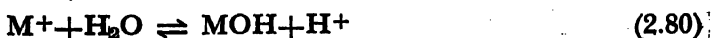
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \quad (2.77)$$

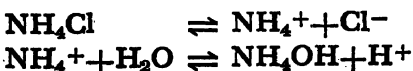
$$A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + OH^- \quad (2.78)$$

এখন (২·77) সমীকরণ হতে H^+ যদি সরিয়ে নেওয়া হয়, তাহলে Le Chatelier's নীতি অনুযায়ী আরও H_2O অণু বিয়োজিত হবে এবং বিক্রিয়াসাম্য ডানদিকে প্রসারিত হবে অর্থাৎ দ্রবণে OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব ক্রমশঃ বেড়ে যাবে এবং দ্রবণটি ক্ষারকীয় হবে। যেমন

$$CH_3COONa \rightleftharpoons CH_3COO^- + Na^+$$
$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

(*iii*) MA যদি তীব্র অ্যাসিড HA ও ক্ষীণ ক্ষারক BOH মিশ্রণ হতে উৎপন্ন হয়, তাহলে ঠিক বিপরীত ঘটনা ঘটবে। লবণের M^+ আয়ন জলের OH^- আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে ক্ষীণ ক্ষারক MOH উৎপন্ন করবে এবং এই বিক্রিয়া চলতে থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত না বিক্রিয়াসাম্য বজায় হয়ঃ

$$M^+ + H_2O \rightleftharpoons MOH \quad (2.79)$$

$$M^+ + H_2O \rightleftharpoons MOH + H^+ \quad (2.80)$$

দ্রবণে তখন $[H^+]$ ক্রমশঃ বাড়তে থাকবে এবং দ্রবণটি অ্যাসিডীয় হবে। যেমন

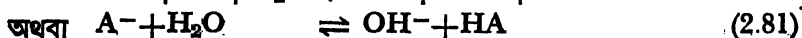
$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$
$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + H^+$$

(iv) MA যদি ক্ষীণ অ্যাসিড HA ও ক্ষীণ ক্ষারক BOH মিশ্রণ হতে উৎপন্ন হয়, তাহলে দ্রবণটি অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক K_a ও K_b উপর নির্ভর করে এবং তাদের মান অনুযায়ী দ্রবণটি প্রশম, অ্যাসিডীয়, অথবা ক্ষারকীয় হবে। যেমন

$$CH_3COONH_4 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_4OH \text{ (প্রশম।)}$$
$$pK_a = pK_b = 4 \cdot 75$$
$$HCOONH_4 + H_2O \rightleftharpoons HCOOH + NH_4OH \text{ (অ্যাসিডীয়)}$$
$$pK_a < pK_b$$

নীচে তিন শ্রেণীর লবণের জল-বিশ্লেষ বর্ণনা করা হলঃ

(ক) ক্ষীণ অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকের লবণ (Salt of a weak acid and a strong base)—দ্রবণে MA লবণের বিক্রিয়াসাম্য হয়

$$M^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons M^+ + OH^- + HA$$

অথবা $$A^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HA \qquad (2.81)$$

ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করে পাওয়া যায়ঃ

$$K_h = \frac{a_{OH^-} \times a_{HA}}{a_{A-}} = \frac{[OH^-] \times [HA]}{[A^-]} \times \frac{f_{OH^-} \times f_{HA}}{f_{A-}} \qquad (2.82)$$

এখানে K_h = জলবিশ্লেষ ধ্রুবক, a = সক্রিয়তা, f = সক্রিয়তা গুণাঙ্ক, এবং [ ] = আয়ন গাঢ়ত্ব। দ্রবণটি অতি লঘু ধরা হয়, সেজন্য a_{H_2O} ধ্রুবক। অতি লঘু দ্রবণে আয়নীয় শক্তি (ionic strength) খুব কম। সুতরাং সক্রিয়তার পরিবর্তে আয়ন গাঢ়ত্ব ধরা যেতে পারে। তাহলে (২·৮২) সমীকরণ হবে।

$$K_h = \frac{[OH^-] \times [HA]}{[A^-]} \qquad (2.83)$$

(২·৮৩) সমীকরণের ডানদিকে লব ও হরকে $[H^+]$ দ্বারা গুণ কর, তাহলে

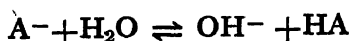
$$K_h = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{1} \times \frac{[HA]}{[H^+] \times [A^-]}$$

$$= K_w \times \frac{1}{K_a} = \frac{K_w}{K_a} \qquad (2.84)$$

উভয়পক্ষের ঋণাত্মক logarithm নিলে

$$pK_h = pK_w - pK_a \qquad (2.85)$$

জল-বিশ্লেষ ধ্রুবক এ ক্ষেত্রে জলের আয়নীয় গুণফল ও অ্যাসিডের বিয়োজন ধ্রুবকের অনুপাত মাত্র। যেহেতু K_a এবং K_w তাপমাত্রার সাথে পরিবর্তিত হয়, K_h তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল অর্থাৎ লবণের জল-বিশ্লেষ অঙ্ক (degree of hydrolysis) তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। মনে কর জল-বিশ্লেষ অঙ্ক α এবং $[MA]=c$ গ্রাম মোল/লিটার, তাহলে সাম্যাবস্থায়

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HA$$

$$1-\alpha \qquad\qquad \alpha \qquad \alpha$$

এখন $[OH^-] = \alpha c$

$[HA] = \alpha c$

এবং $[A^-] = (1-\alpha)c$

(2.83) সমীকরণ থেকে. $K_h = \dfrac{\alpha^2 c^2}{(1-\alpha)} \qquad \dfrac{\alpha^2 c}{1-\alpha}$ (2.86)

α যদি খুব কম হয়, $1-\alpha \cong 1$ এবং $K_h = \alpha^2 c$

অথবা $\alpha = \sqrt{\dfrac{K_h}{c}}$ (2.87)

অতএব $[OH^-] = \alpha . c = \sqrt{\dfrac{K_h}{c}} \times c^2 \qquad \sqrt{\dfrac{K_w}{K_a}} \times$

আমরা জানি $[H^+] \times [OH^-] = K_w$

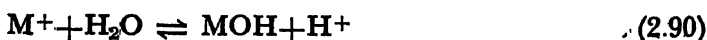
অথবা $[H^+] = \dfrac{K_w}{[OH^-]} \qquad \dfrac{K_w}{\sqrt{\dfrac{K_w}{K_a} \times c}} \qquad \sqrt{\dfrac{K_w \times K_a}{c}}$

অথবা $pH = \frac{1}{2}\,pK_w + \frac{1}{2}\,pK_a + \frac{1}{2}\log c$ (2.88)

$= 7{\cdot}0 + \frac{1}{2}\,pK_a + \frac{1}{2}\log c$ (25° সে. উষ্ণতায়) . . (2.89)

এখানে দ্রবণের $pH > 7$, কাজেই দ্রবণটি ক্ষারকীয় হবে।

(খ) তীব্র অ্যাসিড ও ক্ষীণ ক্ষারকের লবণ (Salt of a strong acid and a weak base)—দ্রবণে লবণের বিক্রিয়া সাম্য হয়

$$M^+ + H_2O \rightleftharpoons MOH + H^+ \qquad (2.90)$$

আগের (ক) শ্রেণীর লবণের মতই ভরক্রিয়া সূত্র থেকে পাওয়া যায়

$$K_h = \frac{[H^+] \times [MOH]}{[M^+]}$$

$$= \frac{[H^+]\,[OH^-]}{[M^+]\,[OH^-]/[MOH]} = \frac{K_w}{K_b} \qquad (2.91)$$

K_b = ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক

(2·90) সমীকরণ থেকে

$$[MOH] = [H^+]$$

অতএব $K_h = \frac{[H^+]^2}{[M^+]} = \frac{[H^+]^2}{c} = \frac{K_w}{K_b}$

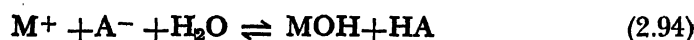
অথবা $[H^+] = \sqrt{c \times \frac{K_w}{K_b}}$

অথবা $pH = \frac{1}{2}\, pK_w - \frac{1}{2}\, pK_b - \frac{1}{2} \log c$ ... (2.92)

$= 7{\cdot}0 - \frac{1}{2}\, pK_b - \frac{1}{2} \log c$ (2.93)

এখানে দ্রবণের $pH < 7$, দ্রবণটি অ্যাসিডীয় হবে।

(গ) ক্ষীণ অ্যাসিড ও ক্ষীণ ক্ষারকের লবণ (Salt of a weak acid and a weak base) দ্রবণে লবণের বিক্রিয়া সাম্য হয়

$$\begin{array}{ccccc} M^+ + & A^- + H_2O & \rightleftharpoons & MOH + & HA \\ 1-\alpha & 1-\alpha & & \alpha & \alpha \end{array} \quad (2.94)$$

আগের লবণগুলির মতই ভরক্রিয়া সূত্র থেকে পাওয়া যায়

$K_h = \frac{[MOH] \times [HA]}{[M^+] \times [A^-]}$ ...... (2.95)

$= \frac{[MOH] \times [HA]}{[M^+] \times [A^-]} \times \frac{K_w}{K_w}$ (উপরে ও নীচে K_w দ্বারা গুণ কর)

$= \frac{K_w}{\frac{[M^+] \times [OH^-]}{[MOH]} \times \frac{[A^-] \times [H^+]}{[HA]}} \{ \because K_w = [H^+] \times [OH^-] \}$

অথবা $K_h = \frac{K_w}{K_b \times K_a}$ (2.96)

অথবা $pK_h = pK_w - pK_b - pK_a$ (2.97)

আমরা জানি $[H^+] = [A^-] = (1-\alpha)\, c$

এবং $[MOH] = [HA] = \alpha c$

অতএব (2.95) সমীকরণ থেকে

$$K_h = \frac{\alpha^2 c^2}{(1-\alpha)^2 c^2} = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} \quad (2.98)$$

অথবা $\alpha = \frac{\sqrt{K_h}}{(1+\sqrt{K_h})}$ (2.99)

এখন, $K_a = \frac{[H^+]\times[A^-]}{HA}$

অথবা $[H^+] = K_a\times\frac{[HA]}{[A^-]} = K_a \frac{\alpha c}{(1-\alpha) c} = K_a \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$

$$= K_a \sqrt{K_h} = K_a\sqrt{\frac{K_w}{K_b\times K_a}} = \sqrt{\frac{K_w\times K_a}{K_b}}$$

অথবা $pH = \frac{1}{2} pK_w + \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} pK_b$ (2.100)

যদি $K_a = K_b$ হয়, যেমন অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট,
তাহলে, $pH = \frac{1}{2} pK_w = 7\cdot0$
এবং দ্রবণটি তখন প্রশম হবে।
যদি $K_a > K_b$ হয়, যেমন অ্যামোনিয়াম ফরমেট, $pH < 7$ এবং দ্রবণটি অ্যাসিডীয় হবে।
যদি $K_a < K_b$ হয়, যেমন অ্যামোনিয়াম প্রোপায়োনেট, $pH > 7$ এবং দ্রবণটি ক্ষারকীয় হবে।

উদাহরণ 1. 0·05 মোলার সোডিয়াম ফরমেট দ্রবণের pH কত?

2, 1. তালিকা থেকে আমরা পাই $pK_{HCOOH} = 3\cdot75$

এখন $pH = \frac{1}{2} pK_w + \frac{1}{2} pK_{HCOOH} + \frac{1}{2}\log c$
$= 7\cdot0 + 1\cdot875 + \frac{1}{2}(-1\cdot30)$
$= 8\cdot23$

উদাহরণ 2. সাধারণ উষ্ণতায় 0·1 মোলার সোডিয়াম বেনজোয়েট দ্রবণের (1) জলবিশ্লেষ ধ্রুবক, (2) জলবিশ্লেষ অঙ্ক, (3) pH কত?

দেওয়া আছে $K_{C_6H_5COOH} = 6\cdot37\times10^{-5}$

$$K_h = \frac{1\cdot0\times10^{-14}}{6\cdot37\times10^{-5}} = 1\cdot57\times10^{-10}$$

(2·87) সমীকরণ থেকে $\alpha = \sqrt{\frac{K_h}{c}} = \sqrt{\frac{1\cdot57\times10^{-10}}{0\cdot1}}$

$$= \sqrt{1\cdot57\times10^{-9}}$$

$$= 3\cdot962\times10^{-5}$$
$$= 0\cdot003962\%$$

$$pH = \frac{1}{2}pK_w + \frac{1}{2}pK_a + \frac{1}{2}\log c$$
$$= 7{\cdot}0 + \frac{1}{2}\times 4{\cdot}2 + \frac{1}{2}(-1)$$
$$= 7{\cdot}0 + 2{\cdot}1 - \frac{1}{2}$$
$$= 8{\cdot}6$$

উদাহরণ ৩. সাধারণ উষ্ণতায় 0·05 মোলার NH_4Cl দ্রবণের (1) জল-বিশ্লেষ ধ্রুবক, (২) জলবিশ্লেষ অঙ্ক এবং (৩) pH কত? $K_b = 1{\cdot}8\times10^{-5}$।

$$K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1{\cdot}0\times10^{-14}}{1{\cdot}8\times10^{-5}} = 5{\cdot}6\times10^{-10}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_h}{c}} = \sqrt{\frac{5{\cdot}6\times10^{-10}}{0{\cdot}05}} = 1{\cdot}058\times10^{-4}$$

$$pH = \frac{1}{2}pK_w - \frac{1}{2}pK_b' - \frac{1}{2}\log c$$
$$= 7{\cdot}0 - 2{\cdot}37 - \frac{1}{2}(-1{\cdot}30)$$
$$= 7{\cdot}0 - 2{\cdot}37 + 0{\cdot}65 = 5{\cdot}28$$

উদাহরণ 4. সাধারণ উষ্ণতায় 0·1M অ্যামোনিয়াম ফরমেট দ্রবণের জল-বিশ্লেষ অঙ্ক কত?

দেওয়া আছে $K_a = 1{\cdot}77\times10^{-4}$
এবং $K_b = 1{\cdot}8\times10^{-5}$

(2·96) সমীকরণ থেকে $K_h = \dfrac{K_w}{K_a \times K_b}$

$$= \frac{1{\cdot}0\times10^{-14}}{1{\cdot}77\times10^{-4}\times1{\cdot}8\times10^{-5}}$$
$$= 3{\cdot}14\times10^{-6}$$

(2.99) সমীকরণ থেকে $\alpha = \dfrac{\sqrt{K_h}}{(1+\sqrt{K_h})}$

যেহেতু K_h-র মান একের থেকে অনেক কম, আমরা লিখতে পারি

$$\alpha = \sqrt{K_h} = \sqrt{3{\cdot}14\times10^{-6}}$$
$$= 1{\cdot}77\times10^{-3}$$

অর্থাৎ $\alpha = 0{\cdot}177\%$

2, 10. দ্রাব্যতা গুণফল (*Solubility Product*)

$AgCl$, $PbCl_2$, $BaSO_4$ ইত্যাদি জলে আংশিক দ্রবণীয় লবণ (দ্রাব্যতা

<0.001 গ্রাম অণু/লিটার)। ঐ সকল লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে নিম্নলিখিত সাম্য বজায় থাকেঃ

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-} \quad (2.101)$$
$$PbCl_2 \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2\,Cl^{-} \quad (2.102)$$
$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{2+} + SO_4^{2-} \quad (2.103)$$

কঠিন

এখন শুধু AgCl-র কথা ধরা যাক। এই অবস্থায় Ag^{+} এবং Cl^{-} আয়নের মোলার গাঢ়ত্বের গুণফল একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ধ্রুবক হবে।

$$[Ag^{+}] \times [Cl^{-}] = \text{ধ্রুবক} \quad (2.104)$$

কঠিন অবস্থায় পদার্থের অ্যাকটিভিটি (এখানে গাঢ়ত্ব)=1 ধরা হয়। তাহলে [AgCl] একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ধ্রুবক। অতএব ভরক্রিয়া সূত্র অনুসারে

$$[Ag^{+}] \times [Cl^{-}] = K \times [AgCl] = \text{ধ্রুবক}$$
$$= S_{AgCl} = \text{দ্রাব্যতা গুণফল} \quad (2.105)$$

অনুরূপভাবে বলা যায়,

$$[Pb^{2+}] \times [Cl^{-}]^2 = S_{PbCl_2} = \text{দ্রাব্যতা গুণফল} \quad (2.106)$$

এবং $[Ba^{2+}] \times [SO_4^{2-}] = S_{BaSO_4} = \text{দ্রাব্যতা গুণফল}$ (2.107)

অতএব, কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা গুণফল হচ্ছে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ঐ দ্রাবের সম্পৃক্ত দ্রবণে উৎপন্ন আয়নগুলির মোলার গাঢ়ত্বের গুণফল। সাধারণভাবে লেখা যায়ঃ

$$AB \rightleftharpoons A^{+} + B^{-} \quad (2.108)$$

কঠিন

যেহেতু [AB] একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ধ্রুবক,

দ্রাব্যতা গুণফল $= [A^{+}] \times [B^{-}] = K \times [AB] = S_{AB}$ (2.109)

S_{AB} কে AB-র দ্রাব্যতা গুণফল বলে। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা গুণফল ঐ দ্রাবের সম্পৃক্ত দ্রবণে উৎপন্ন আয়নগুলির মোলার গাঢ়ত্বের সাথে সম্বন্ধযুক্ত। AB লবণের দ্রবণীয়তা যদি c মোলার হয়, আমরা জানি

$$[A^{+}] = [B^{-}] = [AB] = c$$
$$\therefore S_{AB} = [A^{+}] \times [B^{-}] = c^2 \quad (2.110)$$

দ্রাব্যতা গুণফল এখানে দ্রবণীয়তার বর্গের (দ্বিতীয় ঘাতের) সমান। আবার দ্রবণীয়তা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। অতএব দ্রাব্যতা গুণফলও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করবে। যদিও গাঢ়ত্ব বহুভাবে প্রকাশ করা যায়, তবু দ্রাব্যতা গুণফলের ক্ষেত্রে দ্রবণ গাঢ়ত্ব মোলার এককে (গ্রাম অণু/লিটার) এবং আয়ন গাঢ়ত্ব প্রতি লিটারে গ্রাম আয়ন এককে প্রকাশ করা হয়। এখানে দ্রবণ যদিও আদর্শ (ideal) নয়, আয়নগুলির সক্রিয়তার পরিবর্তে গাঢ়ত্ব লেখা হয়েছে অর্থাৎ সক্রিয়তা এবং গাঢ়ত্ব একই ধরা হয়েছে।

এখন, ধরা যাক, $A_x\,B_y$ জলে আংশিক দ্রবণীয় একটি কঠিন সাধারণ দ্বিযৌগিক লবণ দ্রবণে x সংখ্যক A^{y+} আয়ন এবং y সংখ্যক B^{x-} আয়ন উৎপন্ন করেঃ

$$\underset{\text{কঠিন}}{A_x B_y} \rightleftharpoons xA^{y+} + y\,B^{x-} \qquad (2.111)$$

তাহলে, দ্রাব্যতা গুণফল $= [A^{y+}]^x \times [B^{x-}]^y = S_{A_xB_y}$ (2.112)

উদাহরণ হিসাবে AgCl-র অধঃক্ষেপণ সম্বন্ধে আলোচনা করা যাক। AgCl-র দ্রাব্যতা গুণফল 25° সে. তাপমাত্রায়

$$S_{AgCl} = [Ag^+] \times [Cl^-] = 1{\cdot}5 \times 10^{-10}$$

এখন মনে কর 0·1 মোলার সিলভার আয়ন দ্রবণে 0·01 মোলার HCl দ্রবণ যোগ করা হল। তাহলে আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল দাঁড়াচ্ছে $[Ag^+] \times [Cl^-] = 0{\cdot}1 \times 0{\cdot}01 = 1 \times 10^{-3}$। যেহেতু $1 \times 10^{-3} > 1{\cdot}5 \times 10^{-10}$, আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করবে এবং $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$ বিক্রিয়া সাম্য ডান দিকে প্রসারিত হবে। ফলে AgCl অধঃক্ষেপণ হতে থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত না আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল কমে গিয়ে দ্রাব্যতা গুণফলের সমান হচ্ছে অর্থাৎ $[Ag^+] \times [Cl^-] = 1{\cdot}5 \times 10^{-10}$ হচ্ছে। এই অবস্থায় AgCl-র অধঃক্ষেপণ গতিহার = AgCl-র দ্রবীভবনের গতিহার।

দ্রাব্যতা গুণফলের নীতি—যখন আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করে তখনই অধঃক্ষেপণ হয় এবং যখন আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল দ্রাব্যতা গুণফলের থেকে কম করা হয় তখন অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে যায়। এখানে একটা কথা মনে রাখা দরকার যে, দ্রাব্যতা গুণফল কেবলমাত্র স্বল্প দ্রবণীয় কঠিন লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণের সাথে সম্বন্ধযুক্ত। দ্রবণে অপর কোন লবণের গাঢ়ত্ব যদি 0·2—0·3 মোলারের বেশী না হয়, তাহলে দ্রাব্যতা

গুণফলের উপর ঐ লবণের প্রভাব অগ্রাহ্য করা হয়। কিন্তু যদি দ্রবণে অপর লবণটির গাঢ়ত্ব 0·3 মোলারের বেশী হয়, তাহলে দুই প্রকার সম্ভাবনা দেখা দেয়। (1) অপর লবণটি বিয়োজিত হয়ে সাধারণ (Common) আয়ন উৎপন্ন করে। (2) অপর লবণটি বিয়োজিত হয়ে সাধারণ আয়ন উৎপন্ন করে না। যদি সাধারণ আয়ন উৎপন্ন হয়, তাহলে দ্রবণে একটি আয়নের গাঢ়ত্ব বেড়ে যাবে। যেহেতু দ্রাব্যতা গুণফল ধ্রুবক, অতএব দ্বিযৌগিক লবণের একটি আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়লে, অপর আয়নের গাঢ়ত্ব কমতে হবে, অর্থাৎ বিয়োজন সাম্য বামদিকে প্রসারিত হয়ে লবণটির দ্রবণীয়তা কমিয়ে দেবে। কিন্তু যদি সাধারণ আয়ন উৎপন্ন না হয়, তাহলে দ্রবণে দ্বিযৌগিক লবণের কোন আয়নেরই গাঢ়ত্ব বাড়বে না, পরন্তু দ্রবণে মোট আয়ন গাঢ়ত্ব (ionic strength) বেড়ে যাবে। Debye-Hückel তত্ত্ব অনুযায়ী আমরা জানি যে তাতে উভয় আয়নের সক্রিয়তা গুণাংক (activity coefficient) কমে যাবে। কারণ $\log fi = -AZ^2i\sqrt{I}$, এখানে fi = সক্রিয়তা গুণাংক, A = ধ্রুবক, Zi = আয়নের যোজ্যতা, I = আয়নীয় শক্তি অর্থাৎ দ্রবণে তড়িৎ ক্ষেত্রের পরিমাপক (ionic strength)।

এখন $[A^+]\times[B^-]\times f_{A+}\times f_{B-}$ = ধ্রুবক

সুতরাং আংশিক দ্রবণীয় লবণটির দ্রবণীয়তা বেড়ে যাবে। এইভাবে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগে দ্রবণীয়তা বৃদ্ধিকে বলা হয় লবণ প্রভাব (salt effect)। এবার উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক $PbSO_4$ একটি আংশিক দ্রবণীয় দ্বিযৌগিক লবণ। $PbSO_4$-র সম্পৃক্ত দ্রবণে যদি H_2SO_4 অথবা $(NH_4)_2SO_4$ অথবা $Pb(NO_3)_2$ যোগ করা হয়, তাহলে $PbSO_4$-র দ্রবণীয়তা কমে যাবে। কিন্তু যদি KNO_3 অথবা NaCl যোগ করা হয় তাহলে দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পাবে। আবার দ্বিযোজী অথবা ত্রিযোজী আয়ন যোগ করা হয়, তাহলে দ্রবণীয়তা আরও বেশী বৃদ্ধি পাবে।

এখানে একটি কথা মনে রাখা দরকার যে—একই দ্রবণে লবণ প্রভাব (Salt effect) সাধারণ আয়ন প্রভাবকে (Common ion effect) নাকচ করে অর্থাৎ দ্রবণটি দুই প্রভাব হতে এক সংগে মুক্ত হয়।

আঙ্গিক বিশ্লেষণে যখন দ্রবণে অধঃক্ষেপণ হয়, তখন দ্রাব্যতা গুণফলের কার্যকারিতা বিশেষভাবে উপলব্ধি করা যায়। অল্প দ্রবণীয় লবণের দ্রবণে আয়নগুলির সাথে অদ্রবণীয় লবণের একটি সাম্য বজায় থাকে। এই সাম্যাবস্থায় আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল হচ্ছে ঐ লবণের দ্রাব্যতা গুণ-

ফলের সাথে সমান। যদি পরীক্ষাকালীন দ্রবণে আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল দ্রাব্যতাগুণফলের সমান না হয় তাহলে সিস্টেম্‌টি নিজেকে এমন-ভাবে ঠিক করে নেবে যাতে ঐ গুণফল দুটি সমান হয়। ধর, কোন লবণের দ্রবণে সাধারণ আয়ন যোগ করে দ্রবণে আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল দ্রাব্যতা গুণফল থেকে বেশী করা হল, তাহলে কঠিন লবনের অধঃক্ষেপণ ঘটিয়ে সিস্টেম্‌টি দ্রবণে আয়ন গাঢ়ত্ব কমিয়ে ফেলবে এবং আগের সাম্যাবস্থা ফিরিয়ে আনবে। ধর, কোন লবণের দ্রবণে যে কোন প্রকারে (জটিল লবণ তৈরী করে অথবা ক্ষীণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ তৈরী করে) আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল কমিয়ে ফেলা হল, তাহলে লবণটির অদ্রবণীয় অংশ হতে কিছু অংশ দ্রবীভূত করে সিস্টেম্‌টি দ্রবণে আয়ন গাঢ়ত্ব বাড়াবে যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রাব্যতা গুণফলের সমান হয়, অথবা লবণটি সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হবে। যেমন $PbCl_2$ অধঃক্ষেপের মধ্যে গাঢ় HCl মেশালে $PbCl_4^{2-}$ জটিল যৌগ তৈরী হয় এবং $PbCl_2$ অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে যায়।

2, 3. তালিকা—ল্যাবোরেটরীর তাপমাত্রায় দ্রাব্যতা গুণফল

লবণ	দ্রাব্যতা গুণফল	লবণ	দ্রাব্যতা গুণফল
AgBr	$7{\cdot}7\times10^{-13}$	$Fe(OH)_2$	$4{\cdot}8\times10^{-16}$
AgCl	$1{\cdot}5\times10^{-10}$	$Fe(OH)_3$	$3{\cdot}8\times10^{-38}$
AgI	$0{\cdot}9\times10^{-16}$	FeS	$4{\cdot}0\times10^{-19}$
$Ag_3(PO_4)$	$1{\cdot}8\times10^{-18}$	Hg_2Cl_2	$3{\cdot}5\times10^{-18}$
Ag_2S	$1{\cdot}6\times10^{-49}$	Hg_2I_2	$1{\cdot}2\times10^{-28}$
Ag_2SO_4	$7{\cdot}7\times10^{-5}$	HgS	$4{\cdot}0\times10^{-54}$
$Al(OH)_3$	$8{\cdot}5\times10^{-23}$	$MgCO_3$	$1{\cdot}0\times10^{-5}$
$BaCO_3$	$8{\cdot}1\times10^{-9}$	$Mg(OH)_2$	$3{\cdot}4\times10^{-11}$
BaC_2O_4	$1{\cdot}7\times10^{-7}$	$Mg(NH_4)PO_4$	$2{\cdot}5\times10^{-13}$
$BaCrO_4$	$1{\cdot}6\times10^{-10}$	MnS	$1{\cdot}4\times10^{-15}$
$BaSO_4$	$9{\cdot}2\times10^{-11}$	$Mn(OH)_2$	7×10^{-15}
Bi_2S_3	$1{\cdot}6\times10^{-72}$	NiS	$1{\cdot}4\times10^{-24}$
$CaCO_3$	$4{\cdot}8\times10^{-9}$	$PbCl_2$	$2{\cdot}4\times10^{-4}$
CaC_2O_4	$2{\cdot}6\times10^{-9}$	$PbCrO_4$	$1{\cdot}8\times10^{-14}$
CaF_2	$3{\cdot}2\times10^{-11}$	PbI_2	$8{\cdot}7\times10^{-9}$
$CaSO_4$	$2{\cdot}3\times10^{-4}$	$Pb_3(PO_4)_2$	$1{\cdot}5\times10^{-32}$
CdS	$1{\cdot}4\times10^{-28}$	PbS	$5{\cdot}0\times10^{-29}$

লবণ	দ্রাব্যতা গুণফল	লবণ	দ্রাব্যতা গুণফল
CoS	$3 \cdot 0 \times 10^{-26}$	$PbSO_4$	$2 \cdot 2 \times 10^{-8}$
$Co(OH)_2$	$1 \cdot 6 \times 10^{-18}$	$SrCO_3$	$1 \cdot 6 \times 10^{-9}$
$Cr(OH)_3$	$3 \cdot 0 \times 10^{-29}$	SrC_2O_4	$5 \cdot 0 \times 10^{-8}$
CuS	$1 \cdot 0 \times 10^{-44}$	$SrSO_4$	$2 \cdot 8 \times 10^{-7}$
CuCNS	$1 \cdot 6 \times 10^{-11}$	ZnS	$1 \cdot 0 \times 10^{-23}$
		$Zn(OH)_2$	$4 \cdot 5 \times 10^{-17}$

রাসায়নিক বিশ্লেষণে দ্রাব্যতা গুণফল (*Solubility product in chemical analysis*)—রাসায়নিক বিশ্লেষণে দ্রাব্যতা গুণফলের গুরুত্ব অনেকখানি। আগেই আমরা জেনেছি—আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল যখন দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করে তখনই কেবল অধঃক্ষেপণ সুরু হয়। এখানে কয়েকটি কথা মনে রাখা দরকার। প্রথম কথা হচ্ছে—দ্রাব্যতা গুণফল সাম্যাবস্থা বোঝালেও সাম্যাবস্থায় পৌঁছবার জন্য বিক্রিয়ার গতি সম্বন্ধে কোন আলোকপাত করে না। অধঃক্ষেপণ হতে হলে দ্রাব্যতা গুণফল অবশ্যই অতিক্রম করা প্রয়োজন, কিন্তু তার অর্থ এই নয় যে তৎক্ষণাৎ অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হবে। বস্তুতপক্ষে কম মাত্রায় (5 মিঃ গ্রাঃ প্রতি 100 মি. লি.) কতকগুলি অদ্রবণীয় লবণের যেমন $BaSO_4$, $Mg(NH_4)PO_4$, ইত্যাদি, অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হতে 12 থেকে 48 ঘণ্টা সময় লাগে। দ্বিতীয় কথা হচ্ছে—যেহেতু দ্রাব্যতা গুণফল আয়ন গাঢ়ত্বের গুণফল এবং ধ্রুবক, অতএব দ্রবণে যে কোন একটি আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়িয়ে অপরটির গাঢ়ত্ব একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত কমানো যেতে পারে, তবে অপর আয়নটিকে দ্রবণ হতে সম্পূর্ণরূপে সরিয়ে ফেলা যায় না। অবশ্য এতে আয়নটির মাত্রিক (তৌলিক) বিশ্লেষণ কিছু ইতর বিশেষ হয় না। তৃতীয় কথা হচ্ছে—পরীক্ষাকালে দ্রবণে কোন আয়নের অধঃক্ষেপ ফেলতে হলে তুল্যাংক অনুপাতের চেয়ে কিছু বেশী বিকারক যোগ করা হয়। তাতে অধঃক্ষেপের পরিমাণ বেড়ে যায় না, পরন্তু বিকারক দ্রবণ খুব বেশী যোগ করা হলে লবণ প্রভাব ফলে অথবা জটিল আয়ন তৈরীর ফলে কিছুটা অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে যেতে পারে। সেজন্য অধঃক্ষেপণের জন্য সামান্য বেশী বিকারক দ্রবণ যোগ করতে নির্দেশ দেওয়া হয়।

আঙ্গিক বিশ্লেষণে পরবর্তী গ্রুপ হতে I গ্রুপ ক্লোরাইড পৃথকীকরণ—

I গ্রুপে মোট তিনটি ধাতব আয়ন আছে। এরা সকলেই ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এখন প্রশ্ন হতে পারে কেন এই তিনটি মাত্র ধাতব আয়ন

ক্লোরাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়? এই প্রশ্নের সমাধান পেতে হলে প্রথমে জানতে হবে সমস্ত ধাতব আয়নগুলির ক্লোরাইড লবণের দ্রাব্যতা গুণফল। এখানে সুবিধার জন্য দ্রাব্যতা গুণফল, S-র পরিবর্তে pS(=—logS) লেখা হল। দ্রাব্যতা গুণফল যত কম হবে, pS মান তত বেশী হবে।

$$pS_{Hg_2Cl_2} = 17\cdot46\,;\ pS_{AgCl} = 9\cdot82\,;\quad pS_{PbCl_2} = 3\cdot62.$$

অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডগুলি জলে অতিশয় দ্রবণীয়। সেজন্য দ্রাব্যতা গুণফল খুব বেশী এবং সহজে অতিক্রম করতে পারে না। এই তিনটি লবণের মধ্যে Hg_2Cl_2-র দ্রাব্যতা গুণফল কম, এবং সহজেই অতিক্রম করতে পারে। তারপর হচ্ছে AgCl লবণের দ্রাব্যতা গুণফল এবং এই দ্রাব্যতা গুণফলও সহজেই অতিক্রান্ত হতে পারে। সেজন্য এই দুটি লবণের অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয়। কিন্তু $PbCl_2$ লবণের দ্রাব্যতা গুণফল এদের থেকে বেশী। সেজন্য সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপণ হয় না, আংশিক হয়। তাছাড়া, তাপমাত্রা বাড়ালে দ্রাব্যতা গুণফলও বাড়ে। তাই আমরা দেখি গরম করলে $PbCl_2$ দ্রবীভূত হয়ে যায়। আমরা আগে দেখেছি সাধারণ আয়ন প্রভাবে জটিল লবণ তৈরী হলে, লবণটি দ্রবীভূত হয়ে যায়। এক্ষেত্রেও HCl-র পরিমাণ বেশী হলে এই তিনটি ধাতব আয়নই জটিল ক্লোরাইড যৌগ তৈরী করে এবং দ্রবীভূত হয়ে যায়। সুতরাং I গ্রুপ অধঃক্ষেপণের সময় HCl-র শক্তিমান ঠিক রাখা প্রয়োজন।

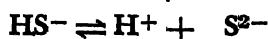
আংশিক বিশ্লেষণে III B গ্রুপ হতে II (A, B) গ্রুপকে পৃথকীকরণ

—II(A, B) গ্রুপে মোট ৪টি এবং III B গ্রুপে 4টি ধাতব আয়ন আছে। এরা সকলেই সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। তবে বৈশিষ্ট্য হচ্ছে II গ্রুপ ধাতব আয়নগুলি 0·3 মোলার HCl-র উপস্থিতিতে সম্পৃক্ত H_2S দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু এই অবস্থায় III B ধাতব আয়নগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয় না, দ্রবণে থেকে যায়। সুতরাং ছাঁকন কাগজ (filter paper) দ্বারা দ্রবণটি ছেঁকে নিলে দুটি গ্রুপের ধাতব আয়নগুলি পৃথক হয়ে যায়। III B গ্রুপের ধাতব আয়নগুলি পৃথক করার পর NH_4Cl+NH_4OH-র উপস্থিতিতে সম্পৃক্ত H_2S দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়। এখন প্রশ্ন হচ্ছে—কেন কেবলমাত্র II গ্রুপের ধাতব আয়নগুলি HCl-র উপস্থিতিতে সালফাইড অধঃক্ষেপ দেয়? কেন III B গ্রুপের ধাতব আয়নগুলির সালফাইড অধঃক্ষেপ পেতে হলে দ্রবণটিতে NH_4Cl ও NH_4OH মিশিয়ে ক্ষারীয় করতে হয়? এই প্রশ্নের সমাধান ঐ ধাতব আয়নগুলির সালফাইড লবণের

দ্রাব্যতা গুণফলের মান থেকে পাওয়া যাবে। এখানে সুবিধার জন্য দ্রাব্যতা গুণফল, S-র পরিবর্তে $pS(=-\log S)$ লেখা হল।

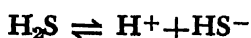
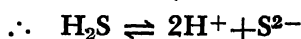
$pS_{HgS} = 52 \cdot 5$; $pS_{PbS} = 29 \cdot 0$; $pS_{Bi_2S_3} = 71 \cdot 8$;
$pS_{CuS} = 37 \cdot 4$; $pS_{CdS} = 27 \cdot 9$; $pS_{ZnS} = 23$;
$pS_{MnS} = 14 \cdot 9$; $pS_{CoS} = 25 \cdot 5$; $pS_{NiS} = 23 \cdot 9$

আমরা জানি দ্রাব্যতা গুণফল, S, যত কম হবে, pS তত বেশী হবে। আমরা উপরের তালিকা থেকে দেখি II গ্রুপের সালফাইডগুলির pS III B গ্রুপের সালফাইডগুলির pS থেকে বেশী। সুতরাং II গ্রুপ সালফাইড-গুলির অধঃক্ষেপণ আগে হবে। এখন যদি সাধারণ আয়ন H^+-র প্রভাব দ্বারা ক্ষীণ অ্যাসিড H_2S-র বিয়োজন $H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$

$$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$$

একটি বিশেষ পর্যায়ে সীমায়িত রাখা হয় তাহলে III B গ্রুপ সালফাইড-গুলির দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রম করবে না অর্থাৎ অধঃক্ষেপণ হবে না, কেবলমাত্র II গ্রুপ সালফাইডগুলির দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রম করবে অর্থাৎ অধঃক্ষেপণ হবে। এখন II গ্রুপের HgS এবং III B গ্রুপের ZnS-কে বিশেষভাবে আলোচনার জন্য ধরা যাক। আমরা জানি H_2S একটি ক্ষীণ অ্যাসিড, আয়নিত হয় এই ভাবেঃ

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^- \qquad K_1 = 9 \cdot 1 \times 10^{-8}$$

$$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-} \qquad K_2 = 1 \cdot 2 \times 10^{-15}$$

$$\therefore \quad H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$$

এবং

$$K_{H_2S} = \frac{[H^+]^2 [S^{2-}]}{[H_2S]} = K_1 \times K_2 = 1 \times 10^{-22}$$

অতএব $$[S^{2-}] = \frac{1 \times 10^{-22} \times [H_2S]}{[H^+]^2} = \frac{1 \times 10^{-22} \times 0 \cdot 1}{[H^+]^2}$$

$$= \frac{1 \times 10^{-23}}{[H^+]^2} \text{ মোলার}$$

(সাধারণ তাপমাত্রায় জলে H_2S-র দ্রবণে $[H_2S] \cong 0 \cdot 1$ মোলার)

যেহেতু S^{2-} আয়ন গাঢ়ত্ব H^+ আয়ন গাঢ়ত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক, H^+ আয়ন গাঢ়ত্ব কমালে অথবা বাড়ালে $[S^{2-}]$ বাড়বে অথবা কমবে। এখন ধরা যাক, দ্রবণে $[H^+] = 0 \cdot 3$ মোলার

তাহলে $$[S^{2-}] = \frac{1 \times 10^{-23}}{(0 \cdot 3)^2} = 1 \cdot 1 \times 10^{-22} \text{ মোলার}$$

মনে কর, দ্রবণে Hg এবং Zn আছে প্রতি লিটারে 5 গ্রাম। তাহলে দ্রবণে Hg-র গাঢ়ত্ব হয় $\frac{5}{200\cdot6}$ মোলার অথবা $2\cdot5\times10^{-2}$ মোলার এবং দ্রবণে Zn-র গাঢ়ত্ব হয় $\frac{5}{65\cdot4}$ মোলার অথবা $7\cdot6\times10^{-2}$ মোলার।

$$[Hg^{2+}]\times[S^{2-}]=[2\cdot5\times10^{-2}]\times[1\cdot1\times10^{-22}]$$
$$=2\cdot75\times10^{-24}>S_{HgS}$$

এবং $$[Zn^{2+}]\times[S^{2-}]=[7\cdot6\times10^{-2}]\times[1\cdot1\times10^{-22}]$$
$$=8\cdot36\times10^{-24}<S_{ZnS}$$

এক্ষণে দেখা যাচ্ছে S_{HgS} মান অতিক্রম করেছে, সুতরাং HgS অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয়, কিন্তু S_{ZnS} মান অতিক্রম করে নাই, সুতরাং এখানে ZnS অধঃক্ষেপণ সুরু হবে না। কিন্তু যদি দ্রবণে NH_4Cl ও NH_4OH মিশিয়ে দ্রবণটি ক্ষারীয় করা হয় (H^+ আয়ন গাঢ়ত্ব কমানো হয়) তাহলে দ্রবণে H_2S-র বিয়োজনমাত্রা বেড়ে যায়। ধরা যাক ক্ষারীয় দ্রবণে $[H^+]$ কমে গিয়ে হয়েছে 1×10^{-8} মোলার তাহলে দ্রবণে

$$[S^{2-}]=\frac{1\times10^{-23}}{(1\times10^{-8})^2}=1\times10^{-7} \text{ মোলার}$$

এখন $$[Zn^{2+}]\times[S^{2-}]=[7\cdot6\times10^{-2}]\times[1\times10^{-7}]$$
$$=7\cdot6\times10^{-7}>S_{ZnS}$$

এখন ZnS মান অতিক্রম করেছে, অতএব ZnS অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হবে। এই প্রসংগে একটা কথা আলোচনা করার প্রয়োজন। তালিকা থেকে দেখা যায় pS_{CdS} III B গ্রুপ সালফাইডগুলির pS মানের খুব কাছাকাছি। সুতরাং দ্রবণে $[H^+]$-র তারতম্য হলেই CdS-র সাথে III B গ্রুপ সালফাইডগুলির সহ-অধঃক্ষেপণ (Co-precipitation) হওয়া খুবই স্বাভাবিক।

আংগিক বিশ্লেষণে পরবর্তী গ্রুপ হাইড্রোক্সাইড থেকে III A গ্রুপ হাইড্রোক্সাইড গুলির পৃথকীকরণ।

$pS_{Fe(OH)_3}=37\cdot4$; $pS_{Al(OH)_3}=22\cdot1$; $pS_{Cr(OH)_3}=28\cdot5$;
$pS_{Co(OH)_2}=17\cdot8$; $pS_{Ni(OH)_2}=17\cdot1$; $pS_{Zn(OH)_2}=17\cdot0$;
$pS_{Mn(OH)_2}=13\cdot4$; $pS_{Mg(OH)_2}=10\cdot5$

উপরের তালিকা থেকে বুঝতে পারা যাচ্ছে যে, III A গ্রুপ হাইড্রোক্সাইড-

গ্রুপের pS মান পরবর্তী গ্রুপের অপর হাইড্রোক্সাইডগুলির pS মান থেকে অনেক বেশী। সুতরাং III A গ্রুপ হাইড্রোক্সাইডগুলির অধঃক্ষেপণ আগে হবে। অধঃক্ষেপণ বিকারক হিসাবে NH_4OH দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

আমরা জানি NH_4OH একটি ক্ষীণ ক্ষারক। এখন যদি NH_4OH এর বিয়োজন একটি বিশেষ পর্যায়ে সীমায়িত রাখতে হয় অর্থাৎ OH^- গাঢ়ত্ব সীমায়িত রাখতে হয়, তাহলে সাধারণ আয়ন, NH_4^+, দ্রবণে যোগ করতে হবে। সাধারণত NH_4Cl লবণ যোগ করা হয়

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

NH_4Cl তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ, সুতরাং দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয় এবং NH_4OH-র বিয়োজন সাম্যকে সাধারণ আয়ন প্রভাব দ্বারা বাম দিকে প্রসারিত করে। আমরা দেখেছি (2, 5. পরিচ্ছেদ, উদাহরণ, 3.) এক লিটার 0·1 মোলার অ্যামোনিয়া দ্রবণে এক গ্রাম তুল্যাংক NH_4Cl মেশালে অ্যামোনিয়ার বিয়োজন মান কমে যায় এবং $[OH^-]$ 0·0013 থেকে কমে গিয়ে $1{\cdot}8 \times 10^{-5}$ হয়। আঙ্গিক পরীক্ষাকালে সাধারণত দ্রবণে $[NH_4^+]$ হয় 3·0 মোলার, সুতরাং $[OH^-]$ আরও কমে যাবে।

$$[OH^-] = \frac{K_b \times [NH_3]}{[NH_4^+]} = \frac{1{\cdot}8 \times 10^{-5} \times 0{\cdot}1}{3}$$
$$= 6{\cdot}0 \times 10^{-7} \text{ মোলার}$$

এই অল্প মাত্রার OH^- গাঢ়ত্বে III A গ্রুপ হাইড্রোক্সাইডগুলির দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রম করে এবং অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয়, কিন্তু পরবর্তী গ্রুপ হাইড্রোক্সাইডগুলির দ্রাব্যতা গুণফল অত কম OH^- গাঢ়ত্বের জন্য অতিক্রম করতে পারে না, এবং সেজন্য অধঃক্ষেপণ হয় না। উদাহরণস্বরূপ $Fe(OH)_3$ ও $Mg(OH)_2$-র অধঃক্ষেপণ সম্বন্ধে আলোচনা করা যাক। যদি আইরন ও ম্যাগনেসিয়াম প্রত্যেকের দ্রবণে আয়ন গাঢ়ত্ব হয় $3{\cdot}0 \times 10^{-2}$ মোলার, তাহলে

$$[Fe^{3+}] \times [OH^-]^3 = [3 \times 10^{-2}] \times [6 \times 10^{-7}]^3$$
$$= 6{\cdot}6 \times 10^{-21}$$

অর্থাৎ $[Fe^{3+}] \times [OH^-]^3 \gg S_{Fe(OH)_3}$

এবং $[Mg^{2+}] \times [OH^-]^2 = [3 \times 10^{-2}] \times [6 \times 10^{-7}]^2$
$$= 1{\cdot}1 \times 10^{-14}$$

অর্থাৎ $[Mg^{2+}] \times [OH^-]^2 \ll S_{Mg(OH)_2}$

অতএব 3·0 মোলার NH_4Cl-র উপস্থিতিতে $Fe(OH)_3$-র অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয়, কিন্তু $Mg(OH)_2$-র অধঃক্ষেপণ সুরু হয় না।

আংশিক অধঃক্ষেপণ ও দ্রাব্যতা গুণফল (*Fractional precipitation and Solubility product*)—মনে কর একটি দ্রবণে এমন দুটি অ্যানায়ন মিশ্রণ আছে যে একটি বিকারকের দ্বারা দুটি অ্যানায়নই অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন কোন একটি দ্রবণে ক্লোরাইড আয়ন ও আয়োডাইড আয়নের মিশ্রণ আছে। তারমধ্যে $Hg_2(NO_3)_2$ দ্রবণ যোগ করলে কোনটি আগে অধঃক্ষিপ্ত হবে Hg_2I_2 অথবা Hg_2Cl_2 ? দ্বিতীয় লবণটির অধঃক্ষেপণ সুরু হওয়ার আগে প্রথম লবণটির অধঃক্ষেপণ কতখানি সম্পূর্ণ হবে?
আমরা 2, 3. তালিকা থেকে জানি, Hg_2I_2 ও Hg_2Cl_2-র দ্রাব্যতা গুণফল $1{\cdot}2\times10^{-28}$ ও $3{\cdot}5\times10^{-18}$

অর্থাৎ $$[Hg_2^{2+}]\times[I^-]^2 = 1{\cdot}2\times10^{-28} \quad (2.113)$$
$$[Hg_2^{2+}]\times[Cl^-]^2 = 3{\cdot}5\times10^{-18} \quad (2{\cdot}114)$$

যেহেতু Hg_2I_2-র দ্রাব্যতা গুণফল কম, সুতরাং Hg_2I_2 প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হবে। যখন $[Hg_2^{2+}] > \dfrac{S_{Hg_2Cl_2}}{[Cl^-]^2}$ হবে, তখনই Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপণ সুরু হবে এবং একই সংগে অধঃক্ষিপ্ত হবে। যখন Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপণ সুরু হবে, তখন Hg_2^{2+} আয়নের সাথে উভয় লবণের সাম্য বজায় থাকবে অর্থাৎ

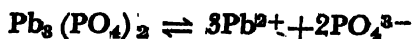
$$[Hg_2^{2+}] = \frac{S_{Hg_2I_2}}{[I^-]^2} = \frac{S_{Hg_2Cl_2}}{[Cl^-]^2} \quad (2.115)$$

এবং $$\frac{[I^-]^2}{[Cl^-]^2} = \frac{S_{Hg_2I_2}}{S_{Hg_2Cl_2}} = \frac{1{\cdot}2\times10^{-28}}{3{\cdot}5\times10^{-18}}$$
$$= \frac{1}{2{\cdot}9\times10^{10}} \quad (2.116)$$

অতএব দ্রবণে আয়োডাইড আয়ন ও ক্লোরাইড আয়নের গাঢ়ত্বের বর্গের অনুপাত এক হাজার কোটির একভাগ হবে, তখনই Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপণ সুরু হবে।

উদাহরণ 1. $Pb_3(PO_4)_2$-র দ্রাব্যতা গুণফল $1\cdot5 \times 10^{-32}$; তাহলে $Pb_3(PO_4)_2$-র দ্রাব্যতা প্রতি লিটারে কত গ্রাম হবে?

$$Pb_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Pb^{2+} + 2PO_4^{3-}$$

$$S \qquad 3S \qquad 2S$$

যদি দ্রাব্যতা = S মোল/লিটার হয়, তাহলে আমরা জানি

$$S_{Pb_3(PO_4)_2} = [Pb^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2 = (3S)^3 \times (2S)^2$$
$$= 108\,S^5 = 1\cdot5 \times 10^{-32}$$

অতএব $S = 1\cdot7 \times 10^{-7}$ মোল/লিটার

$= 6\cdot1 \times 10^{-5}$ গ্রাম/লিটার

উদাহরণ 2. $0\cdot25$ মোলার HCl দ্রবণে প্রচুর পরিমাণে H_2S প্রবাহিত করে অধঃক্ষেপণের পর দ্রবণে ক্যাডমিয়াম আয়নের সর্বোচ্চ গাঢ়ত্ব মান কত হবে? দেওয়া আছে $S_{CdS} = 5\cdot5 \times 10^{-25}$।

এখন $0\cdot25$ (M) HCl দ্রবণে $[S^{2-}] = 1\cdot7 \times 10^{-22}$ মোল/লিটার

$$[Cd^{2+}] \times [S^{2-}] = 5\cdot5 \times 10^{-25}$$

অতএব $[Cd^{2+}] = \dfrac{5\cdot5 \times 10^{-25}}{[S^{2-}]} = \dfrac{5\cdot5 \times -10^{25}}{1\cdot7 \times 10^{-22}}$

$= 3\cdot2 \times 10^{-3}$ মোল/লিটার

উদাহরণ 3. $0\cdot02$ মোলার KI দ্রবণে PbI_2-র দ্রাব্যতা কত?

দেওয়া আছে $S_{PbI_2} = 8\cdot3 \times 10^{-9}$।

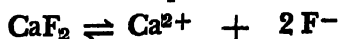
$$PbI_2 \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2I^-$$
$$S_{PbI_2} = [Pb^{2+}] \times [I^-]^2 = 8\cdot3 \times 10^{-9}$$

মনে কর PbI_2-র দ্রাব্যতা S গ্রাম মোল/লিটার
তাহলে $[Pb^{2+}] = S$; $[I^-] = 2S + 0\cdot02$

অতএব $S(2S + 0\cdot02)^2 = 8\cdot3 \times 10^{-9}$
এখন 2S-কে গণ্য না করে, $S(0\cdot02)^2 = 8\cdot3 \times 10^{-9}$
অর্থাৎ $S = 2\cdot1 \times 10^{-9}$ মোল/লিটার

উদাহরণ 4. যদি 50 মি.লি. 5×10^{-4} মোলার $Ca(NO_3)_2$ দ্রবণ 50

মি. লি. 2×10^{-4} মোলার NaF দ্রবণে মেশানো হয়, তাহলে কি CaF_2 অধঃক্ষিপ্ত হবে? $S_{CaF_2} = 1 \cdot 7 \times 10^{-10}$

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2F^-$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{5 \times 10^{-4}}{100} \times 50 = 2 \cdot 5 \times 10^{-4} \text{ মোলার}$$

$$[F^-] = \frac{2 \times 10^{-4}}{100} \times 50 = 1 \times 10^{-4} \text{ মোলার}$$

এখন $[Ca^{2+}] \times [F^-]^2 = (2 \cdot 5 \times 10^{-4}) \times (1 \times 10^{-4})^2$
$= 2 \cdot 5 \times 10^{-12} < S_{CaF_2}$

আমরা এখানে দেখছি CaF_2-র দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রম করতে পারে নাই। সেজন্য CaF_2 অধঃক্ষিপ্ত হবে না।

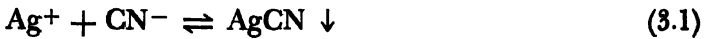
তৃতীয় অধ্যায়

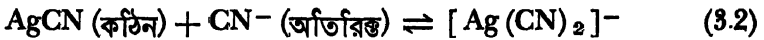
জটিল আয়ন (*Complex Ions*)

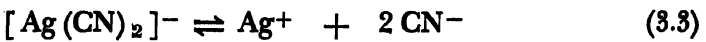
3, 1. ব্যবহারিক রসায়নে জটিল আয়ন

ব্যবহারিক রসায়নে জটিল আয়নের গুরুত্ব অপরিসীম। এক বা একাধিক সরল ধাতব আয়নের সাথে একাধিক সরল অ্যানায়ন অথবা প্রশম অণুর মিলনের ফলে জটিল আয়ন উৎপন্ন হয়। এখানে কতকগুলি উদাহরণ দিয়ে আলোচনা করা হল।

(ক) যখন $AgNO_3$ দ্রবণে KCN দ্রবণ যোগ করা হয়—প্রথমে AgCN-র সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়,

$$Ag^+ + CN^- \rightleftharpoons AgCN \downarrow \qquad (3.1)$$

কারণ দ্রবণে AgCN-র দ্রাব্যতা গুণফলের মান অতিক্রম করে। কিন্তু বেশী পরিমাণ KCN দ্রবণ যোগ করলে ঐ সাদা অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয় এবং জটিল আয়ন উৎপন্ন হয়।

$$AgCN\,(\text{কঠিন}) + CN^-\,(\text{অতিরিক্ত}) \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]^- \qquad (3.2)$$

উক্ত দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করলে কালো Ag_2S-র অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় অর্থাৎ ঐ জটিল আয়ন বিয়োজিত হয়ঃ

$$[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2CN^- \qquad (3.3)$$

(3·3) সমীকরণে ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করে আমরা ঐ জটিল আয়নের বিয়োজন ধ্রুবক অথবা অস্থায়িত্ব ধ্রুবক (instability constant) পাই।

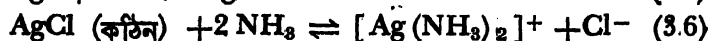
সাধারণ তাপমাত্রায়

$$K_1 = \frac{[Ag^+]\times[CN^-]^2}{[Ag(CN)_2^-]} = 1\cdot0\times10^{-21} \qquad (3\ 4)$$

দ্রবণে CN^- আয়নের পরিমাণ বেশী আছে—একথা মনে রেখে এবং (৪) সমীকরণ দেখে আমরা সহজেই উপলব্ধি করতে পারি যে দ্রবণে [A] খুবই কম এবং এত কম যে S_{AgCN} মান অতিক্রম করতে পারে না। এখানে সাধারণ আয়ন দ্বারা জটিল আয়ন উৎপন্ন হল।

(খ) এখন কঠিন AgCl-র অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রবণীয়তা সম্বন্ধে আলোচনা করা যাক।

$$Ag^+ + Cl^- \rightleftharpoons AgCl \qquad (3.5)$$

$$AgCl\ (\text{কঠিন}) + 2NH_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^- \qquad (3.6)$$

জটিল আয়নের বিয়োজন হয় এইভাবেঃ

$$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3 \qquad (3.7)$$

এবং অস্থায়িত্ব ধ্রুবক,

$$K_i = \frac{[Ag^+] \times [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2^+]} = 6 \cdot 8 \times 10^{-8} \qquad (3.8)$$

(3·8) সমীকরণ দেখে সহজে বোঝা যায় যে, দ্রবণে জটিল আয়নের বিয়োজন জনিত $[Ag^+]$ খুবই কম।

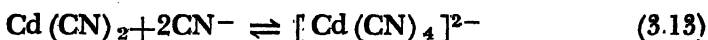
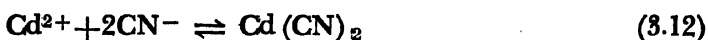
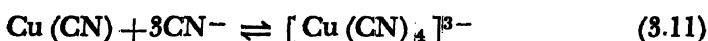
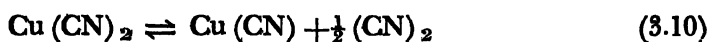
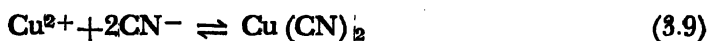
জটিল আয়নের বিয়োজন ধ্রুবকের মান তার স্থায়িত্ব ধ্রুবক মানের বিপরীত (reciprocal)। বিয়োজন ধ্রুবক যত কম হবে, জটিল আয়নের স্থায়িত্ব তত বেশী হবে। ব্যবহারিক রসায়নে জটিল আয়ন তৈরী করে দুটি ধাতব আয়নকে পৃথক কবা যায়। হয় দুটি ধাতব আয়নের মধ্যে একটি জটিল আয়ন তৈরী করে, অপরটি করে না, নতুবা উভয়েই জটিল আয়ন উৎপন্ন করে এবং একটি জটিল আয়নের স্থায়িত্ব মান অপরটি অপেক্ষা কম। যেমন দ্রবণে কপার হতে ক্যাডমিয়াম পৃথক করার জন্য ঐ দ্রবণে KCN যোগ করে প্রথমে দুটি জটিল সায়ানাইড আয়ন তৈরী করা হয়ঃ

$$Cu^{2+} + 2CN^- \rightleftharpoons Cu(CN)_2 \qquad (3.9)$$

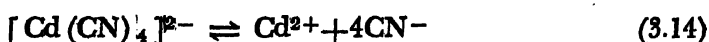
$$Cu(CN)_2 \rightleftharpoons Cu(CN) + \tfrac{1}{2}(CN)_2 \qquad (3.10)$$

$$Cu(CN) + 3CN^- \rightleftharpoons [Cu(CN)_4]^{3-} \qquad (3.11)$$

$$Cd^{2+} + 2CN^- \rightleftharpoons Cd(CN)_2 \qquad (3.12)$$

$$Cd(CN)_2 + 2CN^- \rightleftharpoons [Cd(CN)_4]^{2-} \qquad (3.13)$$

কিন্তু $[Cd(CN)_4]^{2-}$ আয়নের স্থায়িত্ব মান $[Cu(CN)_4]^{3-}$ আয়নের স্থায়িত্ব মান থেকে কম (3·1 তালিকা)। সুতরাং যখন ঐ মিশ্রণে H_2S গ্যাস চালনা করা হয়, তখন কপারের জটিল আয়ন ভাঙ্গে না, কিন্তু ক্যাডমিয়ামের জটিল আয়ন ভেঙ্গে যায় এবং হলুদ CdS অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়ঃ

$$[Cd(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4CN^- \qquad (3.14)$$

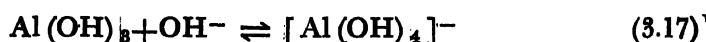
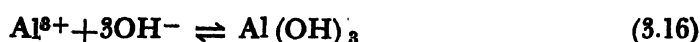
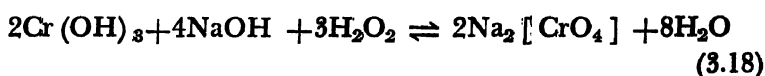
$$Cd^{2+} + S^{2-} \rightleftharpoons CdS \downarrow \qquad (3.15)$$

যদিও $S_{Cus} < S_{Cds}$ (২·৩ তালিকা), জটিল সায়ানাইড আয়নের স্থায়িত্ব মান বেশী থাকার জন্য CuS-র অধঃক্ষেপণ হয় না।

এবার আমরা কিছু জটিল হাইড্রোক্সাইড যৌগের বিষয় আলোচনা করব। কিছু উভধর্মী ধাতব আয়ন আছে (২, ২. পরিচ্ছেদ) যারা অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে এবং জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন Al^{3+}, Zn^{2+}, Sn^{2+}, Sn^{4+}, Pb^{2+}, Pb^{4+}, ইত্যাদি। এই সকল ধাতব আয়নগুলি তীব্র ক্ষারক NaOH-র সাথে মিলিত হয়ে জটিল হাইড্রোক্সাইড যৌগ উৎপন্ন করে। যখন NaOH দ্রবণ ধীরে ধীরে $Al_2(SO_4)_3$ দ্রবণে মেশান হয় তখন প্রথমে একটি সাদা $Al(OH)_3$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ মেশালে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং একটি জটিল যৌগ সোডিয়াম অ্যালুমিনেট, $Na[Al(OH)_4]$, উৎপন্ন হয়ঃ

$$Al^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 \quad (3.16)$$

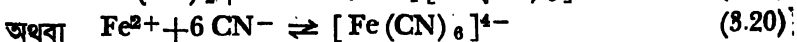
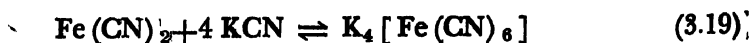
$$Al(OH)_3 + OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^- \quad (3.17)$$

ক্রোমিক হাইড্রোক্সাইড অনুরূপ জটিল যৌগ উৎপন্ন করেঃ

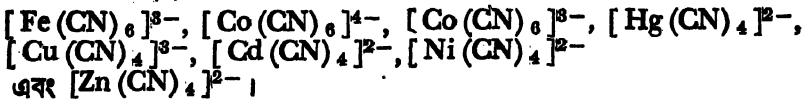
$$2Cr(OH)_3 + 4NaOH + 3H_2O_2 \rightleftharpoons 2Na_2[CrO_4] + 8H_2O \quad (3.18)$$

কিন্তু আইরন হাইড্রোক্সাইড অনুরূপ জটিল যৌগ উৎপন্ন করে না। সেজন্য আঙ্গিক বিশ্লেষণে IIIA গ্রুপে হাইড্রোক্সাইড জটিল যৌগ উৎপন্ন করে Fe^{3+} আয়ন থেকে Al^{3+} ও Cr^{3+} আয়নকে পৃথক করা হয়।

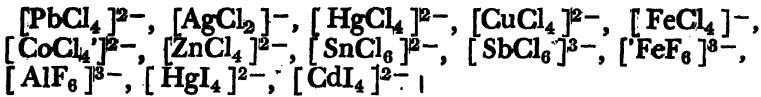
কয়েকটি জটিল সায়ানাইড যৌগের ব্যবহার সম্বন্ধে আমরা আগেই আলোচনা করেছি। এখানে আরও কয়েকটি জটিল সায়ানাইড যৌগের উল্লেখ করব। এদের মধ্যে পটাসিয়াম ফেরো সায়ানাইড আমাদের বেশী পরিচিত। ফেরাস সায়ানাইড দ্রবণে KCN দ্রবণ মেশালে পটাসিয়াম ফেরো সায়ানাইড অর্থাৎ ফেরো সায়ানাইড আয়ন উৎপন্ন হয়ঃ

$$Fe(CN)_2 + 4\,KCN \rightleftharpoons K_4[Fe(CN)_6] \quad (3.19)$$

অথবা $$Fe^{2+} + 6\,CN^- \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{4-} \quad (3.20)$$

(৩·২০) সমীকরণের বিক্রিয়া সাম্য ডানদিকেই বেশী প্রসারিত হয় এবং ফেরো সায়ানাইড আয়নের K_i খুব কম। এত কম যে $K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণে Fe^{2+} আয়ন অথবা CN^- আয়নের উপস্থিতি এখনও পর্যন্ত কোন উপায়ে নির্ণয় করা যায় নাই। এক কথায় এই জটিল আয়নটি

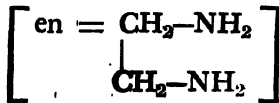
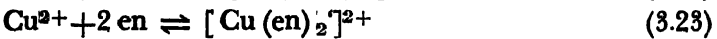
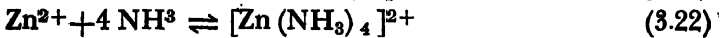
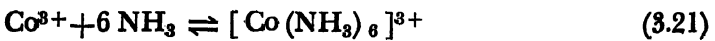
খুবই স্থায়ী। অপর জটিল সায়ানাইড যৌগগুলির মধ্যে নিম্নলিখিত যৌগগুলি উল্লেখযোগ্য ঃ

$[Fe(CN)_6]^{3-}$, $[Co(CN)_6]^{4-}$, $[Co(CN)_6]^{3-}$, $[Hg(CN)_4]^{2-}$, $[Cu(CN)_4]^{3-}$, $[Cd(CN)_4]^{2-}$, $[Ni(CN)_4]^{2-}$
এবং $[Zn(CN)_4]^{2-}$।

জটিল হ্যালাইড যৌগগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য ঃ

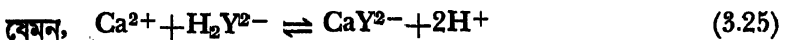
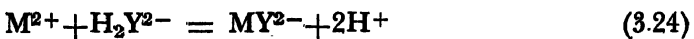
$[PbCl_4]^{2-}$, $[AgCl_2]^{-}$, $[HgCl_4]^{2-}$, $[CuCl_4]^{2-}$, $[FeCl_4]^{-}$, $[CoCl_4]^{2-}$, $[ZnCl_4]^{2-}$, $[SnCl_6]^{2-}$, $[SbCl_6]^{3-}$, $[FeF_6]^{3-}$, $[AlF_6]^{3-}$, $[HgI_4]^{2-}$, $[CdI_4]^{2-}$।

অ্যানায়ন-বিনিময়ী রেজিনের (Anion-exchange resin) সাহায্যে আমরা এদের পরস্পরের থেকে পৃথক করতে পারি। সুতরাং ধাতব আয়ন পৃথকীকরণে জটিল যৌগে রূপান্তর বিশেষ কাজে লাগে।

Co^{3+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, ইত্যাদি অ্যামোনিয়া অথবা জৈব-অ্যামিনগুলির সাথে মিলিত হয়ে জটিল অ্যামিন যৌগ উৎপন্ন করেঃ

$$Co^{3+}+6\,NH_3 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{3+} \quad (3.21)$$
$$Zn^{2+}+4\,NH^3 \rightleftharpoons [Zn(NH_3)_4]^{2+} \quad (3.22)$$
$$Cu^{2+}+2\,en \rightleftharpoons [Cu(en)_2]^{2+} \quad (3.23)$$

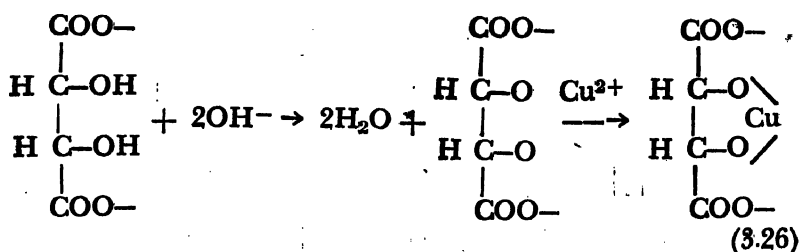
$$\left[en = \begin{array}{l} CH_2-NH_2 \\ | \\ CH_2-NH_2 \end{array} \right]$$

বর্তমানকালে EDTA অর্থাৎ ইথিলিনডাইঅ্যামিন টেট্রা অ্যাসেটিক অ্যাসিড বৈশ্লেষিক রসায়নবিদগণের কাছে সুপরিচিত। সাধারণতঃ এই অ্যাসিডের ডাই সোডিয়াম লবণ ব্যবহার করা হয় এবং জলীয় দ্রবণে H_2Y^{2-} আয়ন হিসাবে থাকে। সাধারণতঃ ধাতব আয়নগুলির সাথে 1 : 1 জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। M^{2+} ক্যাটায়নের সাথে বিক্রিয়াটি লেখা হয় এই ভাবেঃ

$$M^{2+}+H_2Y^{2-} = MY^{2-}+2H^+ \quad (3.24)$$

যেমন, $Ca^{2+}+H_2Y^{2-} \rightleftharpoons CaY^{2-}+2H^+$ (3.25)

আয়তনিক বিকারক (Volumetric reagent) হিসাবে আয়তনিক বিশ্লেষণে খুবই কাজে লাগে এবং অধিকাংশ ধাতব আয়নই এই বিকারক দ্বারা অনুমাপন (titration) করা হয়।

ইহা ছাড়া আরও অনেক জৈব অ্যাসিড ও হাইড্রোক্সিল যৌগ আছে, যেমন

অক্স্যালিক, সাইট্রিক, টারটারিক অ্যাসিড এবং গ্লিসারিণ, শর্করা (Sugar), ইত্যাদি কতকগুলি ধাতব আয়নের (Cu^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, ইত্যাদি) সাথে জটিল যৌগ উৎপন্ন করে।

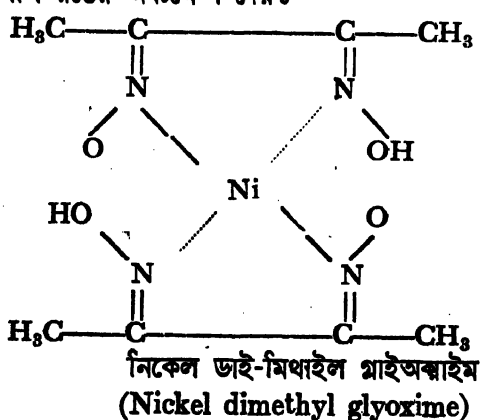
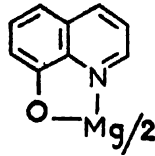
$$\begin{array}{c} COO^- \\ | \\ H\ C\!-\!OH \\ | \\ H\ C\!-\!OH \\ | \\ COO^- \end{array} + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + \begin{array}{c} COO^- \\ | \\ H\ C\!-\!O \\ | \\ H\ C\!-\!O \\ | \\ COO^- \end{array} \xrightarrow{Cu^{2+}} \begin{array}{c} COO^- \\ | \\ H\ C\!-\!O\diagdown \\ |\quad\ \ Cu \\ H\ C\!-\!O\diagup \\ | \\ COO^- \end{array} \quad (3.26)$$

অনেক সময় বৈশ্লেষিক রসায়নে জটিল আয়ন তৈরীর পদ্ধতিকে অবদমনের (masking) কাজে লাগানো হয়। অবদমনকারক (masking agent) হচ্ছে এমন একটি বিকারক যা পরীক্ষাকালে বিঘ্নকারী ধাতব আয়নগুলির সাথে জটিল যৌগ উৎপন্ন করে ঐ আয়নগুলিকে নিজস্ব বিক্রিয়া থেকে অবদমিত করে রাখে অর্থাৎ কার্যক্ষেত্রে অনেক সময় দাতা (donor) অণুকে অথবা আয়নকে অবদমনকারক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। যেমন, ফ্লুয়োরাইড আয়ন Fe^{3+}, Al^{3+} ইত্যাদি জটিল ফ্লোরো আয়ন উৎপাদনে সক্ষম ধাতব আয়নকে অবদমিত করে, টারট্রেট আয়ন Cu^{2+}, Fe^{3+}, Nb^{5+}, ইত্যাদি জটিল টারট্রেট আয়ন উৎপাদনে সক্ষম ধাতব আয়নকে অবদমিত করে, ইত্যাদি।

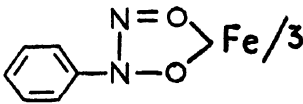
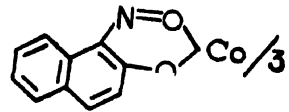
3, 1. তালিকা জটিল আয়নের অস্থায়িত্ব ধ্রুবক (*Instability constants*)

$[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag + 2CN^-$	$1 \cdot 0 \times 10^{-21}$
$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$	$6 \cdot 8 \times 10^{-8}$
$[Ag(S_2O_3)_2]^{3-} \rightleftharpoons Ag^+ + 2S_2O_3^{2-}$	$1 \cdot 0 \times 10^{-13}$
$[Cu(CN)_4]^{3-} \rightleftharpoons Cu^+ + 4CN^-$	$5 \cdot 0 \times 10^{-28}$
$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4NH_3$	$4 \cdot 6 \times 10^{-14}$
$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4NH_3$	$2 \cdot 5 \times 10^{-7}$
$[Cd(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4CN^-$	$1 \cdot 4 \times 10^{-17}$
$[CdI_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4I^-$	$5 \cdot 0 \times 10^{-7}$
$[HgCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4Cl^-$	$6 \cdot 0 \times 10^{-17}$
$[HgI_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4I^-$	$5 \cdot 0 \times 10^{-31}$
$[Co(NH_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6NH_3$	$2 \cdot 2 \times 10^{-34}$
$[Zn(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4NH_3$	$2 \cdot 6 \times 10^{-10}$
$[Zn(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4CN^-$	$2 \cdot 0 \times 10^{-17}$

3, 2. বলয় যৌগ অথবা কিলেটযৌগ (*Chelate Compounds*)—বৈশ্লেষিক রসায়নে বলয়কারী (Chelating) বিকারকগুলির মূল্য অপরিসীম। ইহারা ধাতব আয়নের আয়তনিক (Volumetric) ও তৌলিক (gravimetric) বিশ্লেষণে খুবই ব্যবহৃত হয় এবং বিঘ্নকারী আয়ন অপসারণের জন্য অবদমনকারক হিসাবে বহু বৈশ্লেষিক পদ্ধতিতে বিশেষ উপযোগী। সেজন্য এখানে সংক্ষেপে বলয় যৌগের উল্লেখ প্রয়োজন মনে করি। যদি কোন একটি কো-অর্ডিনেটিং গ্রুপ, (Co-ordinating group) একাধিক কো-অর্ডিনেশন সংখ্যা (Co-ordination number) পূরণ করে একটি ধাতব আয়নের সাথে বলয়াকার জটিল যৌগ তৈরী করে, তাহলে ঐ কো-অর্ডিনেটিং গ্রুপকে বলা হয় বলয়কারী গ্রুপ (Chelating group), এবং উৎপন্ন যৌগকে বলা হয় বলয় যৌগ। একটি বলয়যৌগে একাধিক বলয়কারী বিকারক থাকতে পারে এবং একাধিক ধাতব আয়নও থাকতে পারে। ঐ বলয়কারী বিকারকে সাধারণত অ্যাসিডীয় এবং/অথবা ক্ষারকীয় গ্রুপ থাকে। ঐ সকল বিকারকের অ্যাসিডীয় গ্রুপের হাইড্রোজেন আয়ন (যেমন, $-SH$, $-OH$, $=NH$, $-COOH$) একটি ধাতব আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং তখন ঐ সকল বিকারকে অবস্থিত N, O, অথবা S-র মত দাতা পরমাণু ধাতব আয়নের সাথে কো-অর্ডিনেশন বন্ডদ্বারা বলয় তৈরী করে। কতকগুলি বহু পরিচিত উদাহরণ নীচে দেওয়া হলঃ

ডাইমিথাইল গ্লাইঅক্সাইমের (dimethyl glyoxime),
$$\begin{matrix} CH_3-C-C-CH_3 \\ \| \quad \| \\ HON \quad NOH \end{matrix}$$
মধ্যে আছে সক্রিয় গ্রুপ $=NOH$; ইহা নিকেলের সাথে বিক্রিয়া করে সুন্দর লাল রঙের অধঃক্ষেপ দেয়ঃ

নিকেল ডাই-মিথাইল গ্লাইঅক্সাইম
(Nickel dimethyl glyoxime)

বহু ধাতব আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে অক্সিন (oxine) কেলাসিত অধঃক্ষেপ অক্সিনেট (oxinate) তৈরী করে।

ম্যাগনেসিয়াম অক্সিনেট
(Magnesium oxinate)

অন্যান্য উল্লেখযোগ্য উদাহরণ হচ্ছেঃ কুপ্‌ফেরণ (Cupferron) সক্রিয় গ্রুপ, O = N—N—O, α-নাইট্রোসো-β-ন্যাপথল (α-nitroso-β-naphthol) সক্রিয় গ্রুপ, O = N—C = C—O, O-ফিন্যানথ্রোলীন (O-phenanthroline) সক্রিয় গ্রুপ, N—C—C—N, ইথিলিনডাই-অ্যামিন টেট্রাঅ্যাসিটিক অ্যাসিড (ethylenediamine tetraacetic acid), ইত্যাদি।

আইরন (III) কুপ্‌ফেরেট
(Iron (III)—Cupferrate)

কোবাল্ট (III) α-নাইট্রোসো—β-ন্যাপথল
(Cobalt III)—α-nitroso—β-naphthol

চতুর্থ অধ্যায়

অনুমাপন পদ্ধতি (*Titration*)

4, 1. আয়তনিক, অথবা অনুমাপন বিশ্লেষণ তত্ত্ব (*Theory of volumetric, or titrimetric Analysis*)—কোন দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রাবের পরিমাণ জানা থাকলে উহাকে **প্রমাণ দ্রবণ** (standard solution) বলা হয়। একটি নির্দিষ্ট আয়তনে কোন পরীক্ষাধীন দ্রবণের সাথে প্রমাণ দ্রবণের মাত্রিক বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রমাণ দ্রবণের আয়তন নির্ণয় দ্বারা পরীক্ষাধীন দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ পরিমাপ করাই হল এই পদ্ধতির কার্যক্রম।

প্রমাণ দ্রবণ সাধারণতঃ একটি মাত্রাংকিত (graduated) ব্যুরেট (burette) হতে যোগ করা হয়। মাত্রিক বিক্রিয়ার সমাপ্তি মুহূর্ত পর্যন্ত প্রমাণ দ্রবণ যোগ করার এই পদ্ধতিকে বলা হয় **অনুমাপন** (titriation)। এই বিক্রিয়ার সমাপ্তিস্থলকে বলা হয় তুল্যতা বিন্দু (equivalence point) অথবা তত্ত্বীয় অন্তবিন্দু (theoretical end point)। নিয়মানুসারে এই সমাপ্তিস্থল সাধারণতঃ ঠিক করা হয় খালি চোখে নির্ভুল ভাবে বিক্রিয়ায় কোন পরিবর্তন লক্ষ্য করে। অনেক সময় প্রমাণ দ্রবণ রঙীন হলে, যেমন $KMnO_4$, তার রঙের পরিবর্তন লক্ষ্য করা হয়। তবে সাধারণতঃ একটি সূচক হিসাবে উপযোগী বিকারক দ্রবণে মিশিয়ে ঐ সূচকের রঙের পরিবর্তন লক্ষ্য করা হয়। রঙের এই পরিবর্তন স্থলকে অনুমাপন বিশ্লেষণে **অন্তবিন্দু** (end point) বলে।

আদর্শ অনুমাপনে তত্ত্বীয় অন্তবিন্দু ও রঙ পরিবর্তন জনিত অন্তবিন্দু এক হওয়া উচিত। কিন্তু কার্যকালে তা হয় না, সামান্য তফাৎ থেকে যায়; ইহাকে বলা হয় **অনুমাপন ভ্রম** (titration error)।

আয়তনিক (অনুমাপন) বিশ্লেষণ করা সম্ভবপর যদি বিক্রিয়াগুলি নিম্নলিখিত শর্তাবলী মেনে চলেঃ

(ক) পরীক্ষাধীন দ্রাবের দ্রবণের সাথে প্রমাণ দ্রবণের (বিকারক) বিক্রিয়া তুল্যাংক অনুপাতে সম্পূর্ণ হবে। বিক্রিয়াটি সরল হবে ও রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যাবে।

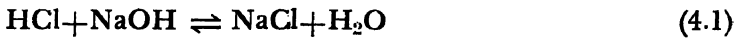
(খ) বিক্রিয়াটি অতি দ্রুতগতিতে অগ্রসর হবে এবং তৎক্ষণাৎ সম্পূর্ণ হবে। অনেক সময় অনুঘটক (catalyst) যোগে বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করা হয়।

(গ) তুল্যতা অথবা অন্তবিন্দুতে দ্রবণের কিছু ভৌত (physical) অথবা রাসায়নিক (chemical) ধর্মের পরিবর্তন স্পষ্টভাবে লক্ষ্য করা সম্ভব হবে।

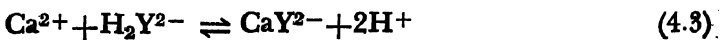
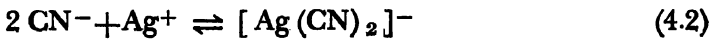
(ঘ) এমন একটি সূচক পেতে হবে যার ভৌত ধর্মের পরিবর্তন (রঙ অথবা অধঃক্ষেপ) বিক্রিয়াটির অন্তবিন্দু নির্দেশ করবে।

আয়তনিক (অনুমাপন) বিশ্লেষনে বিক্রিয়াগুলি প্রধানতঃ চার ভাগে ভাগ করা হয়ঃ

1. **প্রশমন বিক্রিয়া**, অথবা **অম্লমিতি এবং ক্ষারমিতি** (Neutralisation reactions, or Acidimetry and alkalimetry)—এই অনুমাপনে মুক্ত ক্ষারকের সাথে অথবা ক্ষীণ অ্যাসিডের লবণের জল-বিশ্লেষ জনিত উৎপন্ন ক্ষারকের সাথে প্রমাণ অ্যাসিডের বিক্রিয়া (acidimetry) হয়। মুক্ত অ্যাসিডের সাথে, অথবা ক্ষীণ ক্ষারকের লবণের জল-বিশ্লেষ জনিত উৎপন্ন অ্যাসিডের সাথে প্রমাণ ক্ষারকের বিক্রিয়াও (alkalimetry) এই অনুমাপনের মধ্যে গণ্য করা হয়। এই বিক্রিয়ায় H^+ আয়ন OH^- আয়নের সাথে মিলিত হয়ে জল উৎপন্ন করে। যেমন,

$$HCl + NaOH \rightleftharpoons NaCl + H_2O \qquad (4.1)$$

2. **জটিল আয়ন বিক্রিয়া**, অথবা **জটিলমিতি** (Complex formation reactions, or Complexometry)—এই বিক্রিয়ায় আয়নগুলি মিলিত হয়ে (H^+ এবং OH^- বাদ দিয়ে) দ্রবণীয় সামান্য বিয়োজিত জটিল আয়ন অথবা যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন,

$$2CN^- + Ag^+ \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]^- \qquad (4.2)$$

$$Ca^{2+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons CaY^{2-} + 2H^+ \qquad (4.3)$$

(এখানে H_2Y^{2-} = ডাই সোডিয়াম EDTA)

3. **অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া** (Precipitation reactions)—এই বিক্রিয়ায় আয়নগুলি মিলিত হয়ে (H^+ এবং OH^- বাদ দিয়ে) একটি সরল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। যেমন,

$$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl \downarrow \qquad (4.4)$$

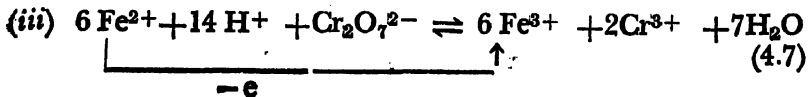
4. **জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া** (Oxidation-reduction reactions)—জারণ পদ্ধতি (oxidation) বলতে আমরা বুঝি (i) অক্সিজেন সংযোগ, (ii)

হাইড্রোজেন বিয়োগ, অথবা এককথায় ইলেকট্রন ত্যাগ (স্থানান্তর)। উদাহরণঃ

(*i*) $2\,Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$ (4.5)

(*ii*) $H_2S \xrightarrow[(-H_2)]{Cl_2} S$ (4.6)

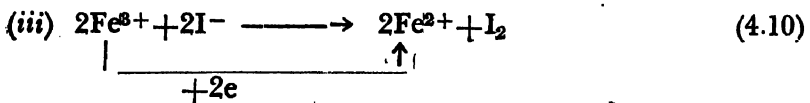
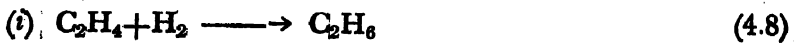
(*iii*) $6\,Fe^{2+} + 14\,H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightleftharpoons 6\,Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (4.7)

$-e$

অনুরূপভাবে, বিজারণ পদ্ধতি (reduction) বলতে আমরা বুঝি (i) হাইড্রোজেন সংযোগ, (ii) অক্সিজেন বিয়োগ, অথবা এক কথায় ইলেকট্রন গ্রহণ। উদাহরণঃ

(*i*) $C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6$ (4.8)

(*ii*) $CuO \xrightarrow[(-\frac{1}{2}O_2)]{H_2} Cu$ (4.9)

(*iii*) $2Fe^{3+} + 2I^- \longrightarrow 2Fe^{2+} + I_2$ (4.10)

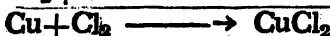
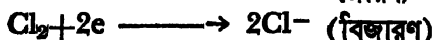
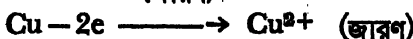
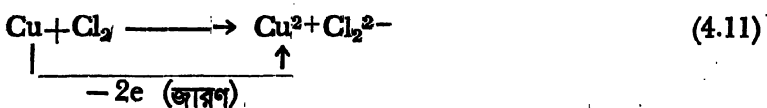
$+2e$

প্রাচীন ধারণা অনুযায়ী জারণ-বিজারণ সংজ্ঞা (i) এবং (ii) তে সীমাবদ্ধ ছিল। যেমন, কপারকে ক্লোরিণের সাথে উত্তপ্ত করলে কপার জারিত হয়, আবার ধাতব অক্সাইডের সাথে অন্য ধাতুর বিক্রিয়া হচ্ছে বিজারণ পদ্ধতি। এই সমস্ত ঘটনাকে প্রাচীন সংজ্ঞা (i) এবং (ii) অনুযায়ী বিশ্লেষণ করা যায় না। এ ক্ষেত্রে বর্তমান ইলেকট্রনীয় ধারণা খুব কাজে লাগে এবং সহজে এই সমস্ত ঘটনাকে সরলভাবে বিশ্লেষণ করতে পারে। যেমন, কপার ও ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় কপার পরমাণু দুটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে।

$Cu + Cl_2 \longrightarrow Cu^{2+} Cl_2^{2-}$ (4.11)

$-2e$ (জারণ)

$Cu - 2e \longrightarrow Cu^{2+}$ (জারণ)

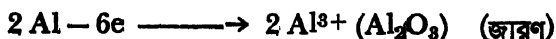
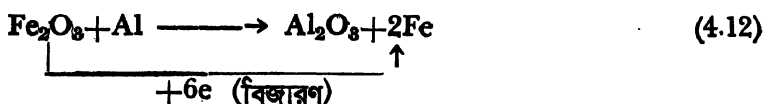
$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$ (বিজারণ)

$Cu + Cl_2 \longrightarrow CuCl_2$

ধাতব অক্সাইডের সাথে অন্য ধাতুর বিক্রিয়ায় ধাতব অক্সাইড অর্থাৎ ধাতব আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে।

$$Fe_2O_3 + Al \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe \qquad (4.12)$$

+6e (বিজারণ)

$2\,Fe^{3+}\,(Fe_2O_3) + 6e \longrightarrow 2Fe$ (বিজারণ)

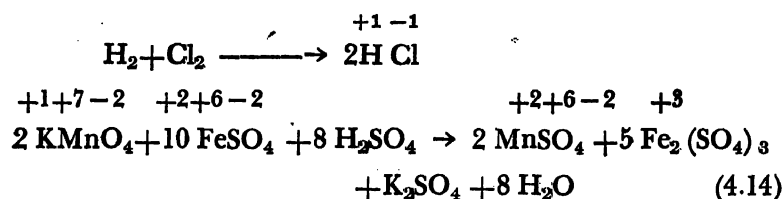
$2\,Al - 6e \longrightarrow 2\,Al^{3+}\,(Al_2O_3)$ (জারণ)

উপরের আলোচনা থেকে একথা স্পষ্ট যে জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া পরস্পর পরস্পরের পরিপূরক, একটি বিক্রিয়া ঘটলে তবে অন্যটি সাথে সাথে ঘটবে। যেমন, কপার ও ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় কপার জারিত হয়েছে এবং ঐ সাথে ক্লোরিণ বিজারিত হয়েছে। আইরন অক্সাইডের সাথে Al ধাতুর বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম জারিত হয়েছে ও আইরন বিজারিত হয়েছে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া পরস্পর সম্বন্ধ যুক্ত এবং এই বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয় মাত্র। ইংরাজীতে এই সমস্ত বিক্রিয়াকে *oxidation-reduction* অথবা সংক্ষেপে *redox* বিক্রিয়া বলে। আমরা বাংলাতে জারণ-বিজারণ অথবা রেডক্স্ বিক্রিয়া বলব।

যে বস্তুর পরমাণু অথবা আয়ন বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তাকে জারক দ্রব্য (oxidizing agent) বলে এবং যে পরমাণু অথবা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তাকে বিজারক দ্রব্য (reducing agent) বলে।

4, 2. জারণ সংখ্যা (oxidation number)—কতকগুলি বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন স্থানান্তর স্পষ্ট ভাবে ব্যক্ত নয়। যেমন, হাইড্রোজেন ক্লোরিণের সাথে যুক্ত হয়ে আংশিকভাবে কোভ্যালেন্ট বন্ড তৈরী করে এবং এখানে ইলেকট্রন স্থানান্তর স্পষ্ট নয়। অ্যাসিডীয় দ্রবণে Fe(II) দ্বারা $KMnO_4$-র বিজারণ আরও জটিলতাপূর্ণ। এসব ক্ষেত্রে জারণ অবস্থা অথবা জারণ সংখ্যার প্রয়োগ বিক্রিয়াটিকে সহজভাবে বোঝাতে সাহায্য করে। **জারণ অবস্থা** (oxidation state) বলতে বোঝায় কোন মৌলিক পদার্থে আরোপিত কার্যকর আধান (effective charge)। হ্যাঁ-ধর্মী (positive) জারণ অবস্থা (সংখ্যা) বলতে বোঝায়, কয়টি ইলেকট্রন ক্যাটায়নের সাথে যোগ করলে প্রশম পরমাণু পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে, না-ধর্মী (negative) জারণ অবস্থা (সংখ্যা) বলতে বোঝায়, কয়টি ইলেকট্রন অ্যানায়ন হতে সরালে প্রশম পরমাণু পাওয়া যায়। প্রশম পরমাণুর জারণ সংখ্যা শূন্য (Zero)। সুতরাং $H_2 - Cl_2$ বিক্রিয়ায়

ক্লোরিণের জারণ সংখ্যা $= -1$, অতএব ক্লোরিণ বিজারিত হয়, এবং হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা $= +1$, অতএব হাইড্রোজেন জারিত হয়। অনুরূপভাবে, অ্যাসিডীয় দ্রবণে $KMnO_4$-র বিক্রিয়ায় Mn-র জারণ সংখ্যা $+7$ থেকে $+2$তে পরিবর্তিত হয়, অতএব Mn এই বিক্রিয়ায় বিজারিত হয়, এবং Fe-র জারণ সংখ্যা $+2$ থেকে $+3$তে বর্ধিত হয়, অতএব Fe জারিত হয়। অর্থাৎ জারণ প্রক্রিয়ায় জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং বিজারণ প্রক্রিয়ায় জারণ সংখ্যা হ্রাস পায়।

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2\overset{+1}{H}\overset{-1}{Cl}$$

$$2\,\overset{+1+7-2}{KMnO_4} + 10\,\overset{+2+6-2}{FeSO_4} + 8\,H_2SO_4 \rightarrow 2\,\overset{+2+6-2}{MnSO_4} + 5\,\overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 8\,H_2O \qquad (4.14)$$

গ্যাসীয় অবস্থায় HCl অণু হচ্ছে কোভ্যালেন্ট যৌগ, সুতরাং HCl হতে তড়িতাধান যুক্ত পরমাণু গাসীয় অবস্থায় পাওয়া যায় না। প্রকৃত-পক্ষে, কোভ্যালেন্ট যৌগের পরমাণুগুলি আয়নিত হয় না, সেজন্য তড়িতাধানযুক্ত হয় না, কিন্তু জারণ সংখ্যা সহজে বোঝানোর জন্য কোভ্যালেণ্ট যৌগে (Covalent compound) প্রতিটি পরমাণুর উপর কার্যকর আধান আরোপ করা হয়ে থাকে।

দ্রবণে $KMnO_4$ আয়নিত হয়ে K^+ আয়ন এবং MnO_4^- অ্যানায়ন উৎপাদন করে, Mn^{+7} অথবা O^{2-} আধানযুক্ত পরমাণু উৎপাদিত হয় না। MnO_4^- অ্যানায়নে Mn পরমাণু এবং O পরমাণুর জারণ সংখ্যা সহজে বোঝানোর জন্যই Mn পরমাণুর উপর $+7$ কার্যকর আধান এবং O পরমাণুর উপর -2 কার্যকর আধান আরোপ করা হয়েছে, যাতে সমষ্টিগত ভাবে MnO_4^- অ্যানায়নের -1 তড়িতাধান বজায় থাকে।

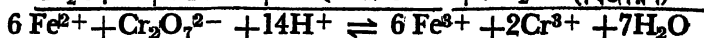
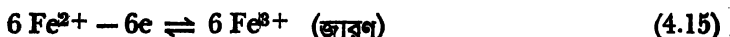
অতএব দেখা যাচ্ছে যে, জারণ সংখ্যা একটি মিথ্যা আরোপিত (fictitous) সংখ্যা, যা রাসায়নিক সমীকরণ সহজে মেলানোর জন্য এবং কোন মৌলের জারিত অথবা বিজারিত অবস্থার একটি ক্রম নির্দেশ করবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

4, 3. আয়ন-ইলেকট্রন বিক্রিয়া (*Ion-electron Reactions*) :— আধুনিক রসায়নে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াগুলি আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে লেখা হয়। এই বিক্রিয়াগুলি দুটি স্তরে ভাগ করে লেখা হয়—একটি স্তরে জারণ বিক্রিয়া, অপরস্তরে বিজারণ বিক্রিয়া। যেমন, অ্যাসিডীয়

দ্রবণে $K_2Cr_2O_7$-র সাথে Fe(II)-র বিক্রিয়াঃ

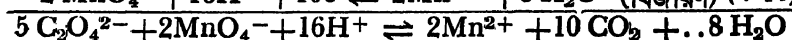
$$6\,Fe^{2+} - 6e \rightleftharpoons 6\,Fe^{3+} \quad \text{(জারণ)} \qquad (4.15)$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6e \rightleftharpoons 2\,Cr^{3+} + 7H_2O \quad \text{(বিজারণ)} \qquad (4.16)$$

$$6\,Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightleftharpoons 6\,Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

অনুরূপভাবে লেখা যায় H_2SO_4 দ্রবণে $KMnO_4$-র সাথে $H_2C_2O_4$-র বিক্রিয়াঃ

$$5\,C_2O_4^{2-} - 10e \rightleftharpoons 10\,CO_2 \quad \text{(জারণ)} \qquad (4.17)$$

$$2\,MnO_4^- + 16H^+ + 10e \rightleftharpoons 2Mn^{2+} + 8\,H_2O \quad \text{(বিজারণ)} \qquad (4.18)$$

$$5\,C_2O_4^{2-} + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightleftharpoons 2Mn^{2+} + 10\,CO_2 + 8\,H_2O$$

4, 4. ইলেকট্রোড পোটেনসিয়াল (*Electrode Potentials*) :—

যখন একটি জিংক দণ্ড $ZnSO_4$ দ্রবণে ডুবিয়ে দেওয়া হয় তখন জিংক আয়ন ও জিংকদণ্ডের পৃষ্ঠদেশ (Surface) উভয়ের মধ্যে একটা পোটেন-সিয়াল পার্থক্য সৃষ্টি হয়। এই পোটেনসিয়াল পার্থক্যকে **ইলেকট্রোড পোটেনসিয়াল** বলে। যখনই কোন ধাতবদণ্ড সেই ধাতব আয়নের সংস্পর্শে আসে তখনই এই ইলেকট্রোড পোটেনসিয়াল সৃষ্টি হয়।

$$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn \qquad (4.19)$$

সাধারণ ভাবে লেখা যায়

$$M^{n+} + ne \rightleftharpoons M \qquad (4.20)$$

Nernst সমীকরণ অনুসারে ইলেকট্রোড পোটেনসিয়াল, E, পাওয়া যায় (25° সে. তাপমাত্রায়)ঃ

$$E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln [M^{n+}] = E^\circ + \frac{0 \cdot 059}{n} \log [M^{n+}] \quad (4.21)$$

এখানে E° = প্রমাণ ইলেকট্রোড পোটেনসিয়াল (Standard electrode (potential)

R = গ্যাস ধ্রুবক

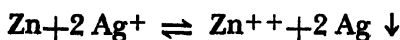
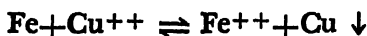
T = পরম উষ্ণতা

n = ইলেকট্রন সংখ্যা

F = 1 Faraday

যখন $[M^{n+}] = 1$, তখন $E = E^\circ$

বৃদ্ধি। উপরের ক্রমাঙ্ক অনুসারে ধাতুর বিজারণ পোটেনসিয়াল যত ঋণাত্মক হবে, ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা তত বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং ক্রমাঙ্কের একেবারে নীচে থাকবে লিথিয়াম ধাতু এবং লিথিয়াম ধাতু হচ্ছে সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক। ক্রমাঙ্ক অনুসারে নিম্নস্থিত ধাতু উপরিস্থিত ধাতুকে তার দ্রবণ হতে প্রতিস্থাপিত করে। এর থেকে বোঝা যায়, কেন কপার সালফেট দ্রবণে আয়রন ধাতু দ্রবীভূত হয় এবং কপারকে প্রতিস্থাপিত করে, অর্থাৎ কপার দ্রবণমুক্ত হয়ে ধাতু হিসাবে তলায় জমা হয়। কারণ, বিদ্যুৎরাসায়নিক ক্রমাঙ্কে আয়রন ধাতু কপার ধাতুর নীচে থাকে। অনুরূপভাবে বলা যায়, জিংক ধাতু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে সিলভার ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করে এবং সিলভার ধাতু হিসাবে তলায় জমা হয়।

$$Fe + Cu^{++} \rightleftharpoons Fe^{++} + Cu \downarrow$$
$$Zn + 2\,Ag^{+} \rightleftharpoons Zn^{++} + 2\,Ag \downarrow$$

চলিত বিদ্যুৎ রাসায়নিক নিয়মানুসারে একথা মনে রাখা উচিত যে, যখন অপর অর্ধসেল হবে প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড তখন একটি নির্দিষ্ট ইলেকট্রোডযুক্ত অর্ধসেলের প্রকৃত E.M.F. হবে E°। প্রমাণ বিজারণ পোটেনসিয়াল তালিকা (4.1 সারণী) থেকে জানা যায় যে, বরধাতু (noble metal) গুলির (Au, Hg, ইত্যাদি) বিজারণ পোটেনসিয়াল ধনাত্মক এবং প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের সাথে যুক্ত হলে বর ধাতুগুলি ধনাত্মক ইলেকট্রোড হিসাবে এবং হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড ঋণাত্মক ইলেকট্রোড হিসাবে কাজ করে, অর্থাৎ বর ধাতুগুলি দ্রবণ হতে মুক্ত হয় (H^+ আয়ন দ্রবণে বর ধাতুগুলিকে প্রতিস্থাপিত করে)। কিন্তু বিদ্যুৎরাসায়নিক ক্রমাঙ্কে হাইড্রোজেনের নীচে থাকা ধাতুগুলির বিজারণ পোটেনসিয়াল ঋণাত্মক; সুতরাং প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের সাথে যুক্ত হলে ঐ ধাতুগুলি ঋণাত্মক ইলেকট্রোড হিসাবে এবং হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড ধনাত্মক ইলেকট্রোড হিসাবে কাজ করে, অর্থাৎ ঐ ধাতুগুলি দ্রবণে অবস্থিত হাইড্রোজেন আয়নকে বিজরিত করে এবং H_2 গ্যাস মুক্ত হয়।

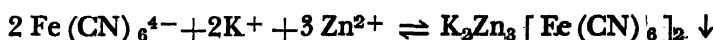
উপরোক্ত আলোচনা হতে এ কথা পরিষ্কার বোঝা যায় যে, বিদ্যুৎ-রাসায়নিক ক্রমাঙ্ক ধাতুগুলির বিদ্যুৎ রসায়ন তত্ত্ব বুঝতে খুবই সাহায্য করে। এ ছাড়াও, ইলেকট্রোডদ্বয়ের E° মান থেকে একটি সেলের (তড়িৎ কোষ) E.M.F. সহজে অংক কষে বের করা যায়। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, জিংক-কপার সেলের (Daniell cell) E.M.F. হবে 0·34—

(−0·762) = + 1·102 ভোল্ট। এখানে কপার ধনাত্মক ইলেকট্রোড (Anode) এবং জিংক ঋণাত্মক ইলেকট্রোড (Cathode) হিসাবে কাজ করে। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি রেডক্স্ পোটেনসিয়ালের পরিবর্তন ঘটায়ঃ

(ক) **অধঃক্ষেপণ**—কোন বিক্রিয়ায় অধঃক্ষেপণ হলে ঐ দ্রবণ মিশ্রণে কোন বিশেষ আয়নের গাঢ়ত্ব কমে যায়, ফলে রেডক্স্ পোটেনসিয়াল পরিবর্তিত হয়ে যায়। ফেরিসায়ানাইডের উপস্থিতিতে জিংক ফেরোসায়ানাইড অধঃক্ষিপ্ত করে জিংক নির্ধারণকালে এই পদ্ধতির সাহায্য নিতে হয়। জিংক ফেরোসায়ানাইড সামান্য অ্যাসিডীয় মাধ্যমে (pH = 0) অদ্রবণীয়, কিন্তু জিংক ফেরিসায়ানাইড দ্রবণীয়। মনে কর, দ্রবণে ফেরি— এবং ফেরোসায়ানাইড উভয় আয়নই বর্তমান, তাহলে ঐ দ্রবণের পোটেনসিয়াল হবেঃ

$$E = 0{\cdot}60 + 0{\cdot}06 \log \frac{[Fe(CN)_6^{3-}]}{[Fe(CN)_6^{4-}]}$$

এখন ঐ দ্রবণে জিংক আয়ন যোগ করা হল, তাহলে জিংক ফেরোসায়ানাইড অধঃক্ষিপ্ত হবেঃ

$$2\,Fe(CN)_6^{4-} + 2K^+ + 3\,Zn^{2+} \rightleftharpoons K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2 \downarrow$$

অর্থাৎ দ্রবণ হতে ফেরোসায়ানাইড আয়ন গাঢ়ত্ব কমে যাবে এবং দ্রবণের পোটেনসিয়াল অন্তবিন্দুর কাছাকাছি দ্রুত বেড়ে যাবে। বিক্রিয়াসাম্য নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়ঃ

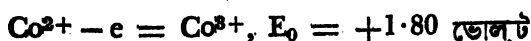
$$[Fe(CN)_6^{4-}]^2\ [Zn^{2+}]^3\ [K^+]^2 = S$$

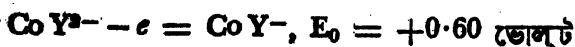
এবং $$E = 0{\cdot}60 + 0{\cdot}06 \log\left[\frac{[Fe(CN)_6^{3-}]\,[Zn^{2+}]^{\frac{3}{2}}\,[K^+]}{\sqrt{S}}\right]$$

$$= C + 0{\cdot}09 \log [Zn^{2+}]$$

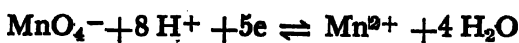
এখানে C = ধ্রুবক।

(খ) **জটিল আয়ন বিক্রিয়া**—এই ধরনের বিক্রিয়ায় দ্রবণের পোটেনসিয়াল পরিবর্তিত হয়। EDTA-র উপস্থিতিতে জারণ দ্বারা Co(II) নির্ধারণে এই পদ্ধতির সাহায্য নেওয়া হয়। সাধারণভাবে Co(II) খুবই ক্ষীণ বিজারক দ্রব্য, সেজন্য কোন প্রমাণ জারক দ্রবণ দ্বারা Co(II) অনুমাপন করা যায় না।

$$Co^{2+} - e = Co^{3+},\ E_0 = +1{\cdot}80 \text{ ভোল্ট}$$

EDTA, Co(II) এবং Co(III) উভয়ের সাথে জটিল আয়ন উৎপন্ন করেঃ

$$CoY^{2-} - e = CoY^{-},\ E_0 = +0.60 \text{ ভোল্ট}$$

সুতরাং EDTA-র উপস্থিতিতে Co(II)-কে Ce(IV) দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা যায়।

(গ) pH পরিবর্তন—বিক্রিয়াসাম্যে যদি H^+ থাকে, তাহলে দ্রবণের পোটেনসিয়াল অবশ্যই pH-র উপর নির্ভর করবেঃ

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$$

কার্যকালে দেখা যায় অধিকাংশ দ্রবণের পোটেনসিয়াল pH নির্ভরশীল। ক্ষীণ অ্যাসিড অথবা ক্ষারকের বিক্রিয়ায় দ্রবণের পোটেনসিয়াল একটি নির্দিষ্ট pH সীমা পর্যন্ত pH নির্ভরশীল নয়, কিন্তু ঐ pH সীমার বাইরে pH নির্ভরশীল হয়। যেমন, অ্যাসিডীয় দ্রবণে

$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn \downarrow$, পোটেনসিয়াল pH নির্ভরশীল নয়।

এবং ক্ষারকীয় দ্রবণে

$ZnO_2^{-2} + 4H^+ \rightleftharpoons Zn \downarrow + 2H_2O$, পোটেনসিয়াল pH নির্ভরশীল।

4. 5, **তুল্যাংকভার** (*Equivalent weights*)—কোন মৌলিক পদার্থের যত ভাগ ওজন 1·008 ভাগ হাইড্রোজেন, 8 ভাগ অক্সিজেন অথবা 35·5 ভাগ ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হতে পারে অথবা যৌগিক পদার্থ হতে ঐ সমস্ত মৌলের ঐ সমস্ত ওজনকে প্রতিস্থাপন করতে পারে, সেই ওজনজ্ঞাপক সংখ্যাটিকে সেই মৌলিক পদার্থের **তুল্যাংকভার** বলা হয়। ইহাকে গ্রাম ওজনে প্রকাশ করলে গ্রাম তুল্যাংক (gram equivalent) পাওয়া যায়। গ্রাম ওজনে প্রকাশিত আণবিক ওজনকে **গ্রাম-অণু** (gram-molecule) বলে।

দ্রবণ গাঢ়ত্ব (Concentration of solutions) কোন দ্রাবের (solute) একটি অণুর সংযুতি-সঙ্কেত অনুযায়ী ওজনকে ফরমুলা ওজন বলা হয়। গ্রাম ওজনে প্রকাশিত ফরমুলা ওজন অধিকাংশ ক্ষেত্রেই এক গ্রাম-অণুর সমান। যেমন, HCl-র এক ফরমুলা ওজন = 36·5 গ্রাম, H_2SO_4-র এক ফরমুলা ওজন = 98 গ্রাম, ইত্যাদি। এক ফরমুলা ওজন বিকারক এক লিটার দ্রবণে থাকলে ঐ দ্রবণকে বলা হয় ফরম্যাল দ্রবণ (formal) অথবা মোলার দ্রবণ (molar)। যেমন, (1 + 35·5) = 36·5 গ্রাম HCl, অর্থাৎ এক ফরমুলা ওজন HCl জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন এক লিটার করলে 1 ফরম্যাল (1F) অথবা 1 মোলার

(1M) HCl দ্রবণ পাওয়া যাবে। সঙ্কেতের পূর্বে 'F' লিখে ফরম্যাল দ্রবণ বোঝান হয় এবং 'M' লিখে মোলার দ্রবণ বোঝান হয়।

দ্রবণের গাঢ়ত্ব অন্য উপায়েও প্রকাশ করা যায়। কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ আয়তনের দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজনের বিকারক দ্রবীভূত থাকলে, তা **গাঢ়ত্ব মাত্রায়** (Concentration by Weight) প্রকাশ করা যায়। যেমন, এক লিটার আয়তনের দ্রবণে যদি 2·5 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, তাহলে দ্রবণের গাঢ়ত্ব হবে 2·5 গ্রাম NaOH/লিটার।

এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম তুল্যাংক বিকারক থাকলে ঐ দ্রবণকে **তুল্য-দ্রবণ** অথবা **নরম্যাল দ্রবণ** (normal solution) বলে। সঙ্কেতের পূর্বে "N" লিখে তুল্য-দ্রবণ বোঝান হয় অর্থাৎ দ্রবণের তুল্যাংক মাত্রা (normality) বোঝান হয়। (N) HCl অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুল্য-দ্রবণ। HCl-র তুল্যাংকভার 36·5 এবং উহার তুল্য-দ্রবণের এক লিটারে 36·5 গ্রাম HCl থাকবে। কোন কোন সময় এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাংকের পরিবর্তে এর কোন ভগ্নাংশ পরিমাণ বিকারক থাকে। সেই সকল দ্রবণের নাম মাত্রানুযায়ী দেওয়া হয়। যেমন, একটি বিকারক দ্রবণের এক লিটারে যদি এক গ্রাম-তুল্যাংকের একশত ভাগের একভাগ থাকে, তাহলে ঐ দ্রবণকে **শতাংশ তুল্য-দ্রবণ** (centinormal solution) বলা হয় এবং লেখা হয় 0·01 (N) দ্রবণ। অনুরূপভাবে লেখা হয়

অর্ধ-তুল্য-দ্রবণ $= 0\cdot5$ (N) অথবা $\left(\frac{N}{2}\right)$

দশাংশ-তুল্য-দ্রবণ $= 0\cdot1$ (N) অথবা $\left(\frac{N}{10}\right)$

তিন দশাংশ-তুল্য-দ্রবণ $= 0\cdot3$ (N) অথবা $\left(\frac{3N}{10}\right)$

সহস্রাংশ-তুল্য-দ্রবণ $= 0\cdot001$ (N) অথবা $\left(\frac{N}{1000}\right)$ ইত্যাদি।

তুল্যাংকভারের সঠিক সংজ্ঞা নির্ণয় করা খুব কঠিন কাজ। কারণ একই বিকারকের তুল্যাংকভার ভিন্ন ভিন্ন বিক্রিয়া অনুসারে ভিন্ন হবে। সেজন্য বিক্রিয়া অনুসারে বিকারকের তুল্যাংকভার সম্বন্ধে নীচে আলোচনা করা হল:

(ক) **প্রশমন বিক্রিয়া**—অ্যাসিডের যত ভাগ পরিমাণ ওজনে এক ভাগ (সূক্ষ্ম হিসাবে 1·008) প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, সেই পরিমাণকে অ্যাসিডের তুল্যাংকভার বলে। যেমন, 36·5 ভাগ HCl হতে

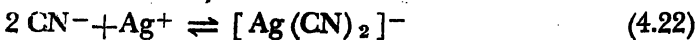
একভাগ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব HCl-র তুল্যাংকভার $= 36 \cdot 5$ এবং গ্রাম-তুল্যাংক $= 36 \cdot 5$ গ্রাম। H_2SO_4-র 98 ভাগ হতে 2 ভাগ হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করা যায়। অতএব H_2SO_4-র তুল্যাংকভার $=$ $\frac{98}{2} = 49$; এবং গ্রাম-তুল্যাংক $= 49$ গ্রাম।

$$\text{অর্থাৎ অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{\text{অ্যাসিডের ফরমুলা ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষার গ্রাহিতা}}$$

$$\text{অনুরূপভাবে, ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{\text{ক্ষারকের ফরমুলা ওজন}}{\text{ক্ষারকের অ্যাসিড গ্রাহিতা}}$$

লবণের ভিতর যে ধাতুটি থাকে তার তুল্যাংকভার যত ভাগ পরিমাণ লবণে থাকবে, তাই লবণের তুল্যাংকভার হবে। যেমন, Na_2CO_3 লবণের ফরমুলা ওজন 106 এবং এতে 46 ভাগ Na আছে। এখন Na-র তুল্যাংকভার $=$ 23, অতএব 23 ভাগ Na 53 ভাগ Na_2CO_3-তে আছে অর্থাৎ Na_2CO_3-র গ্রাম তুল্যাংক $= 53$ গ্রাম।

(খ) **জটিল আয়ন বিক্রিয়া ও অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া**—1 গ্রাম আয়ন এক-যোজী ক্যাটায়ন M^+ ($1 \cdot 008$ গ্রাম হাইড্রোজেনের তুল্যাংক), অথবা $\frac{1}{2}$ গ্রাম আয়ন দ্বিযোজী ক্যাটায়ন M^{2+}, অথবা $\frac{1}{3}$ গ্রাম আয়ন ত্রিযোজী ক্যাটায়ন M^{3+}, ইত্যাদি যতভাগ পরিমাণ ওজনের বিকারকের মধ্যে থাকে, সেই পরিমাণকে এক্ষেত্রে বিকারকের তুল্যাংকভার বলে। পারমাণবিক ওজনকে যোজ্যতা দ্বারা ভাগ করলে ক্যাটায়নের তুল্যাংকভার পাওয়া যায়। যদি কোন বিকারকের ঐ ক্যাটায়নের সাথে বিক্রিয়া হয় তাহলে বিকারকের যত-ভাগ পরিমাণ ওজন একতুল্যাংক ক্যাটায়নের সাথে বিক্রিয়া করে, সেই পরিমাণকে বিকারকের তুল্যাংকভার বলে। যেমন, Ag^+ আয়ন অনুমাপনে KCN-র তুল্যাংকভার হয় 2 মোল

$$2\,CN^- + Ag^+ \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]^- \qquad (4.22)$$

অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ায় লবণের এক ফরমুলা ওজনকে বিক্রিয়ক আয়নের মোট যোজ্যতা দ্বারা ভাগ করলে ঐ লবণের তুল্যাংকভার পাওয়া যায়। যেমন, ক্লোরাইড আয়নের অনুমাপনে $AgNO_3$ লবণের তুল্যাংকভার হচ্ছে $AgNO_3$-র আণবিক ওজন।

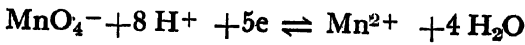
(গ) **জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া**—জারক অথবা বিজারক দ্রবের এক ফরমুলা ওজন দ্বারা গৃহীত অথবা এক ফরমুলা ওজন হতে মুক্ত মোট ইলেকট্রন

সংখ্যা দ্বারা ঐ দ্রবের ফরমুলা ওজনকে ভাগ করলে তাদের তুল্যাংকভার পাওয়া যায়।

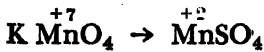
জারণ সংখ্যা (oxidation number) দ্বারাও জারক ও বিজারক দ্রবের তুল্যাংকভার জানা যায়। জারক অথবা বিজারক দ্রবের প্রতি ফরমুলা ওজনে জারণ সংখ্যা যে কয় একক কমে বা বাড়ে সেই জারণ সংখ্যা দ্বারা ঐ দ্রবের ফরমুলা ওজনকে ভাগ করলে দ্রবের তুল্যাংকভার পাওয়া যায়।

নীচে কতকগুলি উদাহরণ দেওয়া হলঃ

(1) অ্যাসিডীয় মাধ্যমে $KMnO_4$-র বিক্রিয়াঃ

$$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

এখানে মোট 5 টি ইলেকট্রন বিনিময় ঘটছে।

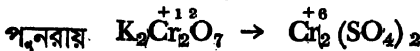
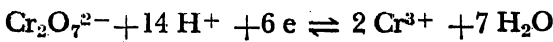
$$\therefore \text{ তুল্যাংকভার } = \frac{K\,MnO_4}{5}$$

$$K\overset{+7}{Mn}O_4 \rightarrow \overset{+2}{Mn}SO_4$$

এখানে Mn-র জারণ সংখ্যা +7 থেকে +2 তে পরিবর্তিত হয়েছে অর্থাৎ জারণ সংখ্যার পরিবর্তন হয়েছে $= 7 - 2 = 5$

$$\text{অতএব তুল্যাংকভার } = \frac{K\,MnO_4}{5}$$

(2) লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে $K_2Cr_2O_7$-র বিক্রিয়াঃ

$$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e \rightleftharpoons 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$$

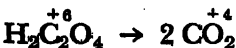
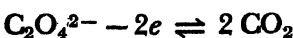
পুনরায় $K_2\overset{+12}{Cr_2}O_7 \rightarrow \overset{+6}{Cr_2}(SO_4)_3$

$\therefore$ জারণ সংখ্যার পরিবর্তন $= 12 - 6 = 6$

$$\text{অতএব, তুল্যাংকভার } = \frac{K_2Cr_2O_7}{6}$$

এখানে ইলেকট্রন বিনিময় হচ্ছে মোট 6 টি। তাই তুল্যাংকভার $= K_2Cr_2O_7/6$

(3) অ্যাসিডীয় মাধ্যমে অক্‌সালিক অ্যাসিডের জারণঃ

$$C_2O_4^{2-} - 2e \rightleftharpoons 2\,CO_2$$

$$H_2\overset{+6}{C_2}O_4 \rightarrow 2\,\overset{+4}{CO_2}$$

$\therefore$ জারণ সংখ্যার পরিবর্তন $= 6 - 4 = 2$

অতএব তুল্যাংকভার = $\frac{H_2C_2O_4}{2}$

এখানে ইলেকট্রন বিনিময় হচ্ছে ২টি।

∴ তুল্যাংকভার = $H_2C_2O_4/2$

তুল্যাংকভার নির্ধারণে ইলেকট্রন বিনিময় সংখ্যার উপর গুরুত্ব দেওয়া সমীচীন।

4, 6. প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব (*Primary Standard Substances*)—যে সমস্ত কঠিন দ্রব নিম্নলিখিত শর্তগুলি পূরণ করবে তাদেরকে প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে গণ্য করা হবেঃ

(1) সহজে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যাবে, বেশী দিন রাখা যাবে, এবং সহজে শুষ্ক করা সম্ভব হবে (সাধারণতঃ 110°—120° সে. তাপমাত্রায়)।

(2) ওজন করবার সময় বায়ুর সংস্পর্শে এসে পরিবর্তিত হবে না [অর্থাৎ জলাকর্ষী হবে না, সহজে বায়ুর দ্বারা জারিত হবে না অথবা CO_2-র সাথে বিক্রিয়া হবে না]।

(3) মোট অপদ্রব্যের (impurties) উপস্থিতি $< 0.01\%$ হবে।

(4) তুল্যাংকভার বেশী হতে হবে তাহলে ওজন জনিত ভ্রম (error) কম হবে।

(5) দ্রাবকে (সাধারণতঃ জলে) সহজে দ্রবীভূত হবে।

(6) প্রমাণ দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া তুল্যাংক অনুপাতে তৎক্ষণাৎ সম্পূর্ণ হবে।

কার্যকালে আদর্শ প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব পাওয়া খুবই দুষ্কর। সুতরাং মোটামুটি ভাবে উপরের শর্তাবলী মেনে চললেই তাকে প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে ব্যবহার করা হয়। প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত বিকারকগুলি ব্যবহার করা হয়ঃ

অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া—সোডিয়াম কার্বনেট Na_2CO_3, বোরাক্স $Na_2B_4O_7$, পটাসিয়াম হাইড্রোজেন থ্যালেট $KH(C_8H_4O_4)$, সাকসিনিক অ্যাসিড $H_2(C_4H_4O_4)$, ইত্যাদি।

জটিল আয়ন বিক্রিয়া—সিলভার, সিলভার নাইট্রেট, সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ক্লোরাইড, ইথিলিনডাইঅ্যামিনটেট্রাঅ্যাসিটেট ডাইহাইড্রেড ডাইসোডিয়াম লবণ ও ইহার অনার্দ্র লবণ, ইত্যাদি।

অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া—সিলভার, সিলভার নাইট্রেট, সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ক্লোরাইড, ইত্যাদি।

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া—পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট $K_2Cr_2O_7$, পটাসিয়াম ব্রোমেট $KBrO_3$, পটাসিয়াম আয়োডেট KIO_3, পটাসিয়াম বাই-আয়োডেট $KH(IO_3)_2$ আয়োডিন I_2, সোডিয়াম অক্সালেট $Na_2C_2O_4$, ইত্যাদি।

4. 7. প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি *(Preparation of Standard Solution)*—প্রাথমিক প্রমাণ দ্রবের তুল্যাংক পরিমাণ নিয়ে দ্রবকে (সাধারণতঃ পাতিত জলে) দ্রবীভূত করা হয় এবং একটি নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রবণের আয়তন ঠিক রাখা হয়। ঠিক এক তুল্যাংক অথবা তার ভগ্নাংশ পরিমাণ বিকারক ওজন করা সম্ভব নয়। সেজন্য কার্যকালে তুল্যাংক পরিমাণের কিছু বেশী নিয়ে দ্রবীভূত করা হয়, তারপর নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক (পাতিত জল) দ্বারা দ্রবণকে লঘু করে প্রয়োজনীয় তুল্য-দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। মনে কর,

V_1 মি. লি. = আদি দ্রবণের আয়তন

V_2 মি. লি. = লঘু দ্রবণের আয়তন

N_1 = আদি দ্রবণের তুল্যাংক মাত্রা (normality)

N_2 = লঘু দ্রবণের তুল্যাংক মাত্রা

তাহলে, $V_2N_2 = V_1N_1$ (4.23)

অথবা $V_2 = \frac{V_1N_1}{N_2}$ মি.লি. (4.24)

এখন $(V_2 - V_1)$ মি.লি. পাতিত জল আদি দ্রবণে যোগ করলে (N_2) তুল্যাংক মাত্রার দ্রবণ তৈরী হবে।

অনেক সময় বিকারক প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে গণ্য হয় না। তখন সেই বিকারকের আন্দাজ মত মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করতে হয়, তারপর কোন প্রমাণ দ্রবণের দ্বারা অনুমাপন বিশ্লেষণ করে উক্ত বিকারক দ্রবণটির মাত্রা ঠিক করা হয়।

উদাহরণ 1. 0·1 (N) মাত্রার 1000 মি. লি. দ্রবণ প্রস্তুত করতে 0·25 (N) মাত্রার কত মি.লি. দ্রবণ প্রয়োজন হবে?

$V_1 = ?$ $V_2 = 1000$ মি.লি.

$N_1 = 0{\cdot}25$ $N_2 = 0{\cdot}1$

আমরা জানি, $V_1N_1 = V_2N_2$

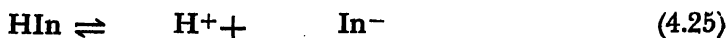
$$\therefore\ V_1 = \frac{V_2N_2}{N_1} = \frac{1000 \times 0{\cdot}1}{0{\cdot}25} = 400 \text{ মি.লি.}$$

অতএব 0·25 (N) মাত্রার 400 মি. লি. দ্রবণে দ্রাবক মিশিয়ে লঘু করে 1000 মি. লি. আয়তন করলে 0·1(N) মাত্রার দ্রবণ পাওয়া যাবে।

আয়তনিক (অনুমাপন) পদ্ধতিতে বিশ্লেষণ করলে খুব সহজেই কম সময়ের মধ্যে নির্ভুল ভাবে (1000 ভাগে 1 ভাগ) ফললাভ করা যায়। জটিল যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় না। ব্যুরেট (burette), পিপেট (pipette), মাত্রাংকিত কূপী (measuring flask), ইত্যাদি সহজ যন্ত্রপাতির সাহায্যে অনায়াসে বিশ্লেষণ সম্পন্ন হয়।

4, 8. সূচক (*Indicators*)—সূচকগুলি হচ্ছে জৈব অ্যাসিড অথবা ক্ষারক যেগুলি অনুমাপনের সময় রঙের পরিবর্তন ঘটিয়ে অন্তবিন্দু (end point) নির্দেশ করে। বিভিন্ন প্রকৃতির অনুমাপনের জন্য বিভিন্ন প্রকারের সূচক আছেঃ অ্যাসিড-ক্ষারক (অথবা প্রশমন) সূচক, রেডক্স্ (redox) অথবা জারণ-বিজারণ সূচক, এবং অন্তর্ধৃতি অথবা অ্যাড্সরপশান (adsorption) সূচক।

1. অ্যাসিড-ক্ষারক সূচক—যে কোন অ্যাসিড সূচক দ্রবণে একটি বিক্রিয়া সাম্য রচনা করেঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিডীয় রঙ}}{HIn} \rightleftharpoons H^+ + \underset{\text{ক্ষারকীয় রঙ}}{In^-} \qquad (4.25)$$

অবিয়োজিত সূচকের (HIn) রঙ এবং বিয়োজিত সূচকের (In^-) রঙ আলাদা। অ্যাসিডীয় মাধ্যমে সূচকের উপরোক্ত আয়নন হয় না এবং সেজন্য সূচকের অ্যাসিডীয় রঙ হবে, কিন্তু ক্ষারকীয় মাধ্যমে উপরোক্ত আয়নন হয় এবং সূচকের রঙ হবে ক্ষারকীয় রঙ। সাম্যাবস্থায় (4·25) সমীকরণ থেকে লেখা যায়ঃ

$$K_{In} = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]} \qquad (4.26)$$

এখানে, K_{In}-কে **সূচক ধ্রুবক** (indicator constant) বলা হয়।

$$(4.26) \text{ হতে } [H^+] = \frac{[HIn]}{[In^-]} \quad K_{In}$$

$$\text{অথবা} \quad pH = pK_{In} + \log \frac{[In^-]}{[HIn]} \qquad (4.27)$$

pK_{In}-কে **সূচক এক্সপোনেন্ট** (indicator exponent) বলা হয়।

$$\text{প্রশমন বিন্দুতে} \quad [In^-] = [HIn]$$

$$\text{অতএব} \quad pH = pK_{In} \qquad (4.28)$$

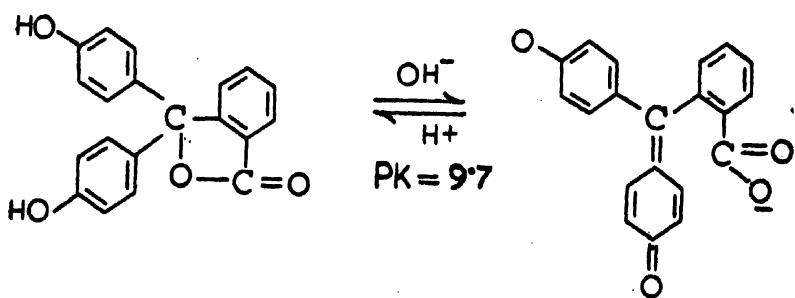
অর্থাৎ প্রত্যেক সূচকের প্রশমন বিন্দু (50% বিয়োজন) একটি নির্দিষ্ট pH মানে হবে এবং এই pH মান বিভিন্ন সূচকের বিভিন্ন হবে।

4, 2. সারণী : অ্যাসিড-ক্ষারক সূচকের তালিকা

সূচকের নাম	প্রকৃতি	রাসায়নিক নাম	pH-ক্রান্তি-ব্যবধান	রঙ অ্যাসিডীয়	রঙ ক্ষারকীয়
মিথাইল অরেন্জ (Methyl Orange)	ক্ষারক	ডাইমিথাইল অ্যামিনো-অ্যাজো বেনজিন সোডিয়াম সালফোনেট	3·1—4·4	লাল	হলদে-কমলা
মিথাইল রেড (Methyl red)	ক্ষারক	O-কার্বোক্সি বেনজিন অ্যাজো ডাইমিথাইল-অ্যানিলিন	4·2—6·3	লাল	হলদে
ফেনল্থলিন্ (Phenolphthalein)	অ্যাসিড	—	8·0—9·8	বর্ণহীন	লাল
লিটমাস (Litmus)	—	অ্যাজোলিটমিন	7·0	লাল	নীল

$pH = pK_{In} \pm 1$, এই pH মানের মধ্যে সূচকের রঙের পরিবর্তন ভাল বোঝা যাবে। এই pH ব্যবধানের (range) মধ্যে বিয়োজিত সূচকের $[In^-]$ মান হবে 9% হতে 91% অর্থাৎ সূচকের পরিবর্তন হচ্ছে 91% অ্যাসিডীয় আকার (form) থেকে 91% ক্ষারকীয় আকারে। এই pH ব্যবধানকে বলা হয় **সূচকের ক্রান্তিব্যবধান** (transition interval)।

অবিয়োজিত সূচক ও সূচক অ্যানায়নের এই যে রঙের পরিবর্তন তার কারণ হচ্ছে, HIn অণুর টটোমেরিক (tautomeric) রূপান্তর এবং ভিন্ন রঙের কুইনোনয়েড (quinonoid) আকার গ্রহণ। এই অবস্থায় HIn অণু সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়ে যায়। ফেনল্‌থলিন্‌ ও মিথাইল অরেন্‌জ্‌ এই দুটি সূচকের রূপান্তর নীচে উদাহরণ হিসাবে দেখানো হলঃ

ফেনল্‌থলিন

HO, HO, C, O—C=O

$\underset{H^+}{\overset{OH^-}{\rightleftharpoons}}$

PK = 9·7

O, C, C=O, O

(4.29)

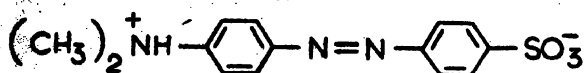
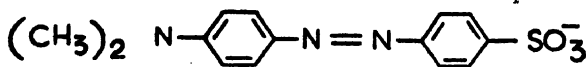
অ্যাসিডীয় আকার	ক্ষারকীয় আকার
(lactone)	(quinonoid)
বর্ণহীন	লাল

মিথাইল অরেন্জ

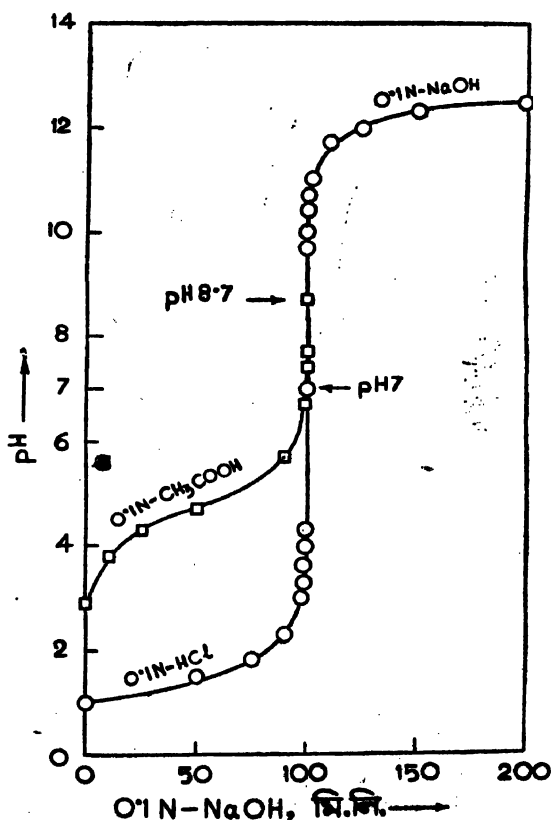
$$(CH_3)_2\overset{+}{N}H{-}C_6H_4{-}N{=}N{-}C_6H_4{-}SO_3^-$$

অ্যাসিডীয় আকার (লাল)

$$\overset{+}{H}\ \rightleftharpoons\ OH^- \qquad pK = 3{\cdot}4$$

$$(CH_3)_2N{-}C_6H_4{-}N{=}N{-}C_6H_4{-}SO_3^- \tag{4.30}$$

ক্ষারকীয় আকার (হলদে - কমলা)

এখন বিভিন্ন প্রকারের অনুমাপন এবং সূচক নির্ধারণ সম্বন্ধে আলোচনা করা হবে।

I. অ্যাসিড-ক্ষারক অনুমাপন (Acid-base titration)—কোন অনু-মাপনের জন্য কোন সূচকটি ব্যবহার করা হবে সেটি ঠিক করা হয় সেই

4.1 চিত্র—অ্যাসিড-ক্ষারক অনুমাপন

অনুমাপনের তুল্যতা-বিন্দু (equivalence point) অথবা অন্তবিন্দুর (end point) কাছাকাছি pH-র পরিবর্তন দেখে। একটি তীব্র অ্যাসিডের যেমন HCl, সাথে একটি তীব্র ক্ষারকের, যেমন NaOH, অনুমাপনের {প্রত্যেকে, ধর, 0·1(N)} সময় pH-মানের পরিবর্তন হয় pH 5 থেকে pH 9 (অন্তবিন্দু থেকে $\pm 0{\cdot}1\%$ মধ্যে)। সুতরাং যে সূচকের পরিবর্তনের মধ্যবর্তী সীমা হচ্ছে pH 5 থেকে pH 9, সেই সূচককেই এই অনুমাপনের উপযুক্ত বলে বিবেচনা করা হবে। এই সমস্ত সূচকের নাম হচ্ছে মিথাইল রেড, মিথাইল অরেন্‌জ্‌ ইত্যাদি। কিন্তু যখন একটি ক্ষীণ অ্যাসিডের, যেমন CH_3COOH, সাথে একটি তীব্র ক্ষারকের, যেমন NaOH, অনুমাপন {প্রত্যেকে 0·1(N)} হয়, তখন pH-মানের পরিবর্তন হয় pH 8 থেকে pH 10 (অন্তবিন্দু থেকে $\pm 0{\cdot}1\%$ মধ্যে)। অন্তবিন্দুতে pH মান হচ্ছে pH 8·9 অর্থাৎ দ্রবণটি তখন ক্ষারকীয়। সুতরাং ফেনল্‌থলিন্‌কে (pK = 9·0) এক্ষেত্রে উপযুক্ত সূচক বলে গণ্য করা হবে। মিথাইল অরেন্‌জ্‌, মিথাইল রেড, ইত্যাদি সূচকগুলির অ্যাসিডীয় দ্রবণে রঙের পরিবর্তন হয়। অতএব এক্ষেত্রে তাদের সূচক হিসাবে ব্যবহার করা ঠিক হবে না। বিভিন্ন অ্যাসিড-ক্ষারক {প্রত্যেকেই 0·1(N)} অনুমাপনের জন্য ব্যবহারযোগ্য সূচকের একটি ছোট তালিকা নীচে দেওয়া হল।

অনুমাপন	pH পরিবর্তন অন্তবিন্দু হতে $\pm 1\%$	উপযুক্ত সূচক
(ক) তীব্র অ্যাসিড-তীব্র ক্ষারক	5—9	মিথাইল রেড, ফেনল রেড, ফেনল্‌থলিন্‌, ব্রোমোথাইমল ব্লু।
(খ) ক্ষীণ অ্যাসিড-তীব্র ক্ষারক	8—10·5	ফেনল্‌থলিন্‌, থাইমল ব্লু, থাইমলথলিন্‌।
(গ) তীব্র অ্যাসিড-ক্ষীণ ক্ষারক	3—6	মিথাইল অরেন্‌জ্‌, মিথাইল ইয়েলো, মিথাইল রেড, ব্রোমোক্রেজল গ্রীন।
(ঘ) ক্ষীণ অ্যাসিড-ক্ষীণ ক্ষারক *	7	মিশ্র সূচক (যেমন, মিথাইল রেড—মিথিলীন ব্লু)।

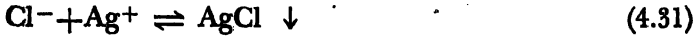
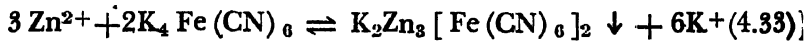
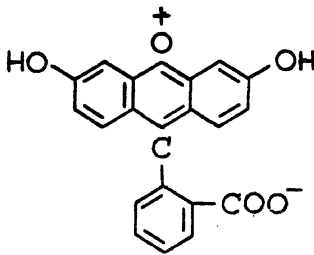
*[অন্তবিন্দুর কাছাকাছি pH পরিবর্তন খুব ধীরে ধীরে হয় এবং একটি মাত্র সূচক দ্বারা অন্তবিন্দুতে হঠাৎ রঙের পরিবর্তন হয় না। সেজন্য মিশ্র সূচক (mixed indicators) ব্যবহার করা হয়।]

II. অধঃক্ষেপণ অনুমাপন (Precipitation titration)—এই পদ্ধতিতে অনুমাপনের সময় অধঃক্ষেপণ হয়। প্রমাণ (standard) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (argentimetry) দ্বারা অথবা মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ (mercurimetry) দ্বারা সমস্ত হ্যালাইডগুলির অনুমাপন হচ্ছে এই পদ্ধতির বিশেষ উদাহরণ।

$$Cl^- + Ag^+ \rightleftharpoons AgCl \downarrow \qquad (4.31)$$

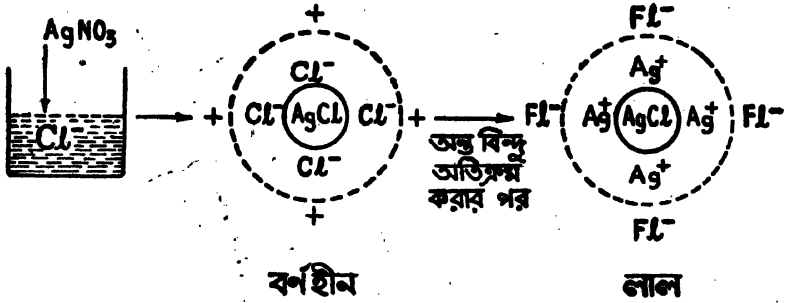
$$CNS^- + Ag^+ \rightleftharpoons AgCNS \downarrow \qquad (4.32)$$

অনুরূপভাবে,

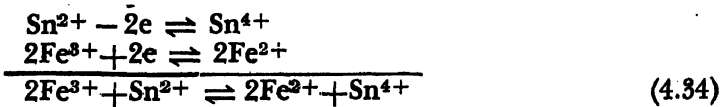
$$3\,Zn^{2+} + 2K_4\,Fe\,(CN)_6 \rightleftharpoons K_2Zn_3\,[\,Fe\,(CN)_6\,]_2 \downarrow + 6K^+ \qquad (4.33)$$

রৌপ্যমিতি (argentimetry) অনুমাপনে অ্যাডসরপ্‌শান অথবা অন্তর্ধৃতি সূচক (adsorption indicator) সাধারণতঃ ব্যবহার করা হয়। ফ্লোরেসিন (fluorescein), ডাইক্লোরোফ্লোরেসিন (dichlorofluorescein), এয়োসিন (eosin), ইত্যাদি ক্ষীণ জৈব অ্যাসিড গুলিকে অন্তর্ধৃতি সূচক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। অধঃক্ষেপের (এখানে, AgCl) উপরিভাগে সূচক অ্যানায়ন শক্তভাবে অন্তর্ধৃত হয় এবং অন্তবিন্দুর ঠিক পরেই অর্থাৎ অন্তবিন্দু অতিক্রম করার সঙ্গে সঙ্গেই সামান্য পরিমাণ অতিরিক্ত সিলভার আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে লাল রঙের Ag-fluoresceinate তৈরী করে। (Fl^- = চিত্রে ফ্লোরেসিন আয়ন: 4.2 নং চিত্র)

(ফ্লোরেসিন আয়ন)

একটি বিষয়ে অন্তর্ধৃতি সূচক অন্যান্য সূচক হতে পৃথক। সেটি হচ্ছে, অন্তর্ধৃতি সূচকের রঙের পরিবর্তন দ্রবণে হয় না, কেবলমাত্র অধঃক্ষেপের (কোলয়েড) পৃষ্ঠদেশে (surface) হয়।

প্রশম অথবা ক্ষারকীয় দ্রবণে ফ্লোরেসিন সূচক ব্যবহার করে ক্লোরাইডের অনুমাপন করা হয়। সামান্য অ্যাসিডীয় দ্রবণে ডাইক্লোরোফ্লোরেসিন সূচক ব্যবহার করলে আরও ভাল ফল পাওয়া যায়।

অ্যাসিডীয় দ্রবণে এয়োসিন সূচক ব্যবহার করে ব্রোমাইড, আয়োডাইড, এবং থায়োসায়ানেটের অনুমাপন করা হয়। এয়োসিন সূচক হিসাবে অন্ত-বিন্দুতে খুব স্পষ্টভাবে রঙের পরিবর্তন ঘটায়।

4·2 চিত্র

III. জারণ-বিজারণ অনুমাপন (*Redox titrations*)—এই পদ্ধতিতে বিজারক দ্রব্য হতে জারক দ্রব্যে ইলেকট্রন স্থানান্তর হয়।

$$\begin{array}{l} Sn^{2+} - 2e \rightleftharpoons Sn^{4+} \\ 2Fe^{3+} + 2e \rightleftharpoons 2Fe^{2+} \\ \hline 2Fe^{3+} + Sn^{2+} \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + Sn^{4+} \end{array} \qquad (4.34)$$

কোন বিক্রিয়ায় জারণ অথবা বিজারণ ক্রিয়ার তীব্রতা পরিমাপ করা হয় উহার বিজারণ পোটেনসিয়াল (Reduction Potential) অথবা জারণ পোটেনসিয়াল (Oxidation Potential) দ্বারা।

সাধারণভাবে লেখা যায়ঃ

$$OX + ne \rightleftharpoons Red \qquad (4.35)$$

এখন Nernst সমীকরণ থেকে বিজারণ পোটেনসিয়াল, E, লেখা হয়

$$E = E^\circ + \frac{0 \cdot 06}{n} \log \frac{[Ox]}{[Red]}, \; 25^\circ \text{ সে. তাপমাত্রায়} \qquad (4.36)$$

এখানে E° = প্রমাণ (standard) অথবা নর্মাল পোটেনসিয়াল।

জারণ-বিজারণ অনুমাপনে জারণ পোটেনসিয়ালের পরিবর্তন মাপা হয় এবং অনুমাপন লেখচিত্র (curve) দেখে উপযুক্ত সূচক নির্ধারণ করা হয়।

জারণ-বিজারণ সূচক এই অনুমাপনে ব্যবহার করা হয়। ইহারা জৈব রঞ্জকের (organic dyestuffs) উপাদান এবং ইহাদের জারিত আকারের রঙ এবং বিজারিত আকারের রঙ ভিন্ন।

$$In_{ox} + ne \rightleftharpoons In_{Red} \quad (4.37)$$

জারিত বিজারিত

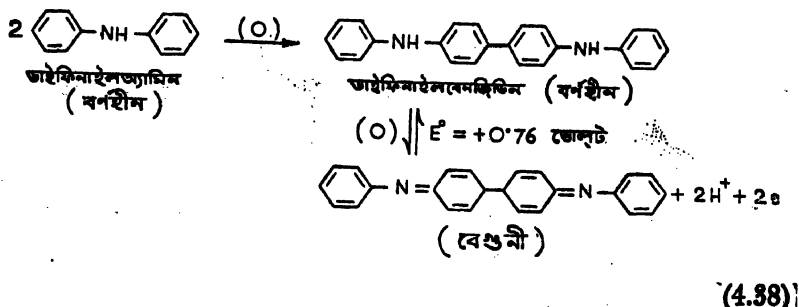
$$2\,C_6H_5\text{-}NH\text{-}C_6H_5 \xrightarrow{(O)} C_6H_5\text{-}NH\text{-}C_6H_4\text{-}C_6H_4\text{-}NH\text{-}C_6H_5$$

ডাইফিনাইলঅ্যামিন (বর্ণহীন) ডাইফিনাইলবেনজিডিন (বর্ণহীন)

(O) $E^\circ = +0{\cdot}76$ ভোল্ট

$$C_6H_5\text{-}N{=}C_6H_4{=}C_6H_4{=}N\text{-}C_6H_5 + 2H^+ + 2e$$

(বেগুনী)

(4.38)

এ কথা মনে রাখা দরকার যে, সূচক জৈব রঞ্জকের জারণ পোটেনসিয়ালের মান বিক্রিয়াকারী জারকের জারণ পোটেনসিয়াল এবং বিক্রিয়াকারী বিজারকের জারণ পোটেনসিয়ালের মাঝামাঝি হওয়া দরকার।

$K_2Cr_2O_7$ দ্বারা Fe(II) দ্রবণের অনুমাপন এখন আলোচনা করা যাক্ এবং দেখা যাক্ কেন ডাইফিনাইলঅ্যামিন (diphenylamine) অথবা ইহার সালফোনিক অ্যাসিড যৌগ সূচক হিসাবে এই অনুমাপনে ব্যবহার করা হয়।

বিক্রিয়া : $Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+}$ (4.39)

এবং জারণ-বিজারণ সিস্টেমঃ $Fe^{2+}, Cr_2O_7^{2-} \| Fe^{3+}, Cr^{3+}$

তুল্যতা বিন্দুতে (equivalence point) জারণ পোটেনসিয়াল নিম্নলিখিতভাবে পাওয়া যায়ঃ

$$E = \tfrac{1}{7}(E^\circ_{Fe} + 6\,E^\circ_{cr}) = \tfrac{1}{7}(0{\cdot}76 + 7{\cdot}98)$$
$$= 1{\cdot}25 \text{ ভোল্ট্}$$

ডাইফিনাইলঅ্যামিন সালফোনিক অ্যাসিডকে ($E^\circ = +0{\cdot}76$) সূচক হিসাবে ব্যবহার করার জন্য উপরোক্ত জারণ-বিজারণ সিস্টেমের পোটেনসিয়াল 1·25 থেকে কমিয়ে 0·76-র কাছাকাছি আনতে হবে এবং ইহা করা হয় ডাইক্রোমেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করবার পূর্বেই দ্রবণে ফসফোরিক অ্যাসিড, H_3PO_4, যোগ করে। Fe^{3+} আয়নের সাথে ফসফোরিক

অ্যাসিড শক্তিশালী জটিল যৌগ $[Fe(HPO_4)]^+$ উৎপন্ন করে দ্রবণ হতে মুক্ত Fe^{3+} আয়ন গাঢ়ত্ব কমিয়ে দেয় এবং সেজন্য $E°_{Fe}$ কমে যায়।

জারণ-বিজারণ সূচকের আর একটি উদাহরণ হচ্ছে ফেরোইন (ferroin) অর্থাৎ O-ফিনানথ্রোলীন Fe(II)-জটিল যৌগ। ইহার রঙের পরিবর্তন হয় গাঢ় লাল হতে গাঢ় নীল (+ 1·14 ভোল্ট) এবং ইহা সেরিক সালফেট অনুমাপনে (cerimetry) বহুল ব্যবহৃত।

4, 9. তৌলিক বিশ্লেষণ তত্ত্ব (*Theory of Gravimetric Analysis*)—সাধারণতঃ কোন নির্দিষ্ট ওজনে পরীক্ষাধীন বস্তুর মিশ্রণ হতে ঐ মৌলিক পদার্থ অথবা মূলককে (radical) তাদের স্থায়ী (stable), বিদিত সংযুতি (known composition) সম্পন্ন এবং তৌলনীয় (weighable) যৌগে রূপান্তরিত করে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়, তারপর দ্রবণে অন্যান্য আয়ন হতে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করে ও শুষ্ক করে (যেমন $BaSO_4$ অথবা AgCl) ওজন করা হয়। অনেক সময় পৃথক করার পর উত্তপ্ত করে তৌলনীয় যৌগে রূপান্তরিত করা হয় ($MgNH_4PO_4 \rightarrow Mg_2P_2O_7$)। যৌগের সংকেত ও আণবিক ওজন থেকে অংক কষে ঐ পদার্থ অথবা মূলকের ওজন (পরিমাণ) ঠিক করা হয়। এই ধরনের মাত্রিক বিশ্লেষণকে বলা হয় **তৌলিক বিশ্লেষণ** (gravimetric analysis)। কোন আয়ন অথবা মূলকের মাত্রিকভাবে পৃথকীকরণের জন্য নানা পদ্ধতি আছে তাদের মধ্যে অন্যতম অধঃক্ষেপণ ও উদ্বায়ীকরণ (volatilization) পদ্ধতির আলোচনা এখানে করা হবে।

4, 10. অধঃক্ষেপণ পদ্ধতি—নিম্নলিখিত শর্তাবলী পূরণ হলেই এই পদ্ধতিতে বিশ্লেষণ কৃতকার্য হবেঃ

(ক) অধঃক্ষেপ প্রায় সম্পূর্ণরূপে অদ্রবণীয় হবে (দ্রবণীয়তা $< 0·2$ মি. গ্রা./লিটার)।

(খ) অধঃক্ষেপের ভৌত প্রকৃতি এমন হবে যাতে সহজে দ্রবণ হতে ছেঁকে নিয়ে পৃথক করা যায় এবং দ্রবণীয় অপদ্রব্যগুলি (impurities) সহজে ধুয়ে নিয়ে দূর করা যায়।

(গ) অধঃক্ষেপকে বিশুদ্ধ বিদিত সংযুতি সম্পন্ন যৌগে রূপান্তরিত করা হয়।

অধঃক্ষেপণ পদ্ধতিতে মাত্রিক বিশ্লেষণ করতে হলে পদার্থের কোলয়েডীয় (Colloidal) অবস্থা সম্বন্ধে কিছু জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। সেজন্য সংক্ষেপে পদার্থের কোলয়েডীয় অবস্থা বিষয়ে এখানে আলোচনা করা হল। কোল-

য়েডীয় অবস্থা বলতে আমরা বুঝব দ্রবণ ও অধঃক্ষেপের মধ্যবর্তী অবস্থা।

4, 11. পদার্থের কোলয়েডীয় অবস্থা *(The colloidal state of matter)*—কোন পদার্থকণার আকার (ব্যাস) যদি $0 \cdot 1\mu$ থেকে $1 m\mu$ ($1\mu = 10^{-3}$ মি. মি.) এর মধ্যে হয় তাহলে তাকে কোলয়েড (Colloid) কণা বলে। সাধারণ ছাঁকন কাগজে (filter paper) 10μ পর্যন্ত ব্যাসযুক্ত পদার্থ কণা ছাঁকা যায় অর্থাৎ ছাঁকন কাগজের উপরে থাকে। সুতরাং কোলয়েড কণা ছাঁকন কাগজের উপরে ধরা পড়বে না, দ্রবণের মত কাগজের ছিদ্রগুলির মধ্য দিয়ে বের হয়ে যাবে।

যদি একটি শক্তিশালী রশ্মি আনুভূমিকভাবে (horizontally) কোলয়েড দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করা হয় এবং দ্রবণটিকে পতিত রশ্মি (incident light) থেকে সমকোণে দেখা হয়, তাহলে একটি বিক্ষিপ্ত রশ্মি (scattered light) চোখে পড়বে। এই ঘটনাকে বলা হয় **টিণ্ডাল অধিব্যাক্ত** (Tyndall effect)। সাধারণ দ্রবণে টিণ্ডাল ঘটনা ঘটে না।

অজৈব রাসায়নিক বিশ্লেষণে কোলয়েড কণার যে সমস্ত প্রকৃতিগত ধর্মের সম্মুখীন হতে হয় তাদের তালিকা দেওয়া হল:

(ক) ইহারা টিণ্ডাল অধিব্যাক্ত ঘটায়।

(খ) ঝিল্লী বিশ্লেষণ (dialysis) দ্বারা ইহাদের প্রকৃত দ্রবণ (true solution) থেকে পৃথক করা যায়।

(গ) ইহারা তড়িৎ আধান বহন করে। যখন ইহাদের দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়, তখন কণাগুলি কোন একটি ইলেকট্রোডের দিকে যেতে সুরু করে।

(ঘ) ইহাদের উপরিতলের (surface) আয়তন বৃহৎ।

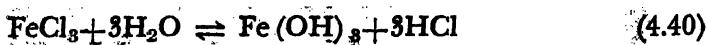
আমাদের সুবিধার জন্য কোলয়েড কণাকে দুটি গ্রুপে ভাগ করা যায়—দ্রাবকাতংকী (lyophobic) ও দ্রাবকাসক্ত (lyophilic)। নীচে এই দুটি গ্রুপের পার্থক্য সংক্ষেপে আলোচনা করা হল:

ধর্ম	দ্রাবকাতংকী সল (sol)	দ্রাবকাসক্ত সল
1. ঘনত্ব ও প্রতিসরণাংক (refractive index)	মিশ্রণ সূত্র মেনে চলে।	মিশ্রণ সূত্র মেনে চলে না।
2. সান্দ্রতা (viscosity)	দ্রাবকের মতই। যেমন, ধাতব সল, সিলভার হ্যালাইড সল, ইত্যাদি।	দ্রাবক থেকে অনেক বেশী। যেমন, সিলিসিক অ্যাসিড সল, স্ট্যানিক অক্সাইড সল, ইত্যাদি।

3. তঞ্চন (coagulation)	একমুখী, তড়িত বিশ্লেষ্য পদার্থযোগে সহজেই হয়।	উভমুখী, জলাকর্ষী পদার্থযোগে হয়।
4. অণুবীক্ষণ যন্ত্র সাহায্যে	কণাগুলি অনেক সময় দেখা যায়।	কোন সময়েই দেখা যায় না।
5. জেল গঠন (gel formation)	প্রায়ই হয় না, কোন কোন ক্ষেত্রে হয়, যেমন, Fe_2O_3, Al_2O_3 সলের জেল হয় তড়িত বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগে।	খুব সহজেই জেল গঠন হয়।
6. সলকণার তড়িত-বাহিতা	নির্দিষ্ট চিহ্নযুক্ত তড়িত আধান থাকে, কেবলমাত্র বিশেষ পদ্ধতি দ্বারা পরিবর্তন করা যায়।	সহজেই তড়িত আধান পরিবর্তিত হয়—অ্যাসিডীয় মাধ্যমে ধনাত্মক ও ক্ষারকীয় মাধ্যমে ঋণাত্মক।

কোন অধঃক্ষেপকে অপর কোন পদার্থের সাহায্যে কোলয়েডে পরিণত করাকে পেপটাইজেশন (peptisation) বলে এবং এই পদ্ধতিতে যে পদার্থের সাহায্য নেওয়া হয় তাকে পেপটাইজিং এজেন্ট (peptising agent) বলে। যেমন, $Cu_2Fe(CN)_6$-র সদ্য প্রস্তুত অধঃক্ষেপকে $K_4Fe(CN)_6$-র লঘু দ্রবণে যোগ করে নাড়লেই $Cu_2Fe(CN)_6$ সল পাওয়া যায়। $K_4Fe(CN)_6$-কে পেপটাইজিং এজেন্ট বলে।

দ্রাবকাতংকী কোলয়েড কণা পৃষ্ঠ দেশে (surface) একই প্রকার (same) আয়ন নির্ণয়ী শোষণ (selective adsorption) করে নিজে স্থায়ী হয়। যেমন, যখন $FeCl_3$ থেকে আর্দ্রবিশ্লেষ দ্বারা $Fe(OH)_3$ সল তৈরী করা হয়, তখন $Fe(OH)_3$ সল দ্রবণে অবস্থিত অতিরিক্ত Cl^- অথবা OH^- আয়ন তার পৃষ্ঠদেশে নির্ণয়ী শোষণ করে ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয় এবং বিচ্ছুরণ মাধ্যমে (dispersion medium) অবস্থিত মুক্ত সমতুল্য ধনাত্মক আয়নগুলি (Fe^{3+} অথবা H^+) তার চার ধারে ঘিরে থাকে।

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl \tag{4.40}$$

*[সাধারণভাবে যে কোন কোলয়েড দ্রবণ সল (sol) নামে পরিচিত।]

এখানে বিচ্ছুরণ মাধ্যমে অবস্থিত ধন-আয়নকে* বলা হয় প্রতি আয়ন (counter ions)। এইভাবে পৃষ্ঠদেশে অবস্থিত আয়ন তার সমতুল্য প্রতি আয়নকে আকর্ষণ করে এবং একটি তড়িত দ্বিস্তর (electrical double layer) সৃষ্টি হয়। যদি এই তড়িত দ্বিস্তর কোন প্রকারে ভেঙে দেওয়া যায় তাহলে কোলয়েড কণা অধঃক্ষিপ্ত হবে। সাধারণতঃ পৃষ্ঠদেশে নির্ণয়ী শোষিত আয়নের বিপরীত আধানযুক্ত আয়ন (তড়িত বিশ্লেষ্য পদার্থ) যোগ করে এই দ্বিস্তর ভেঙে ফেলা হয়। যেমন, $Fe(OH)_3$ কোলয়েড দ্রবণে কিছু Al^{3+} $\{Al_2(SO_4)_3\}$ আয়ন মেশালে $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হবে। এই অধঃক্ষেপণের জন্য যে লঘিষ্ট পরিমাণ তড়িত বিশ্লেষ্য পদার্থের প্রয়োজন তাকে তঞ্চনমূল্য (coagulation value) বলা হয়।

কোন দ্রাবকাতংকী সলের সাথে দ্রাবকাসক্ত সল মেশালে সাধারণতঃ আধানগুলি প্রশমনের ফলে অধঃক্ষেপণ হয়, কিন্তু যদি সামান্য পরিমাণ দ্রাবকাসক্ত সল মেশানো হয় তাহলে দ্রাবকাতংকী সলের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ দ্রাবকাসক্ত সল দ্রাবকাতংকী সলকে তঞ্চনের হাত থেকে রক্ষা করছে। সেজন্য এখানে দ্রাবকাসক্ত কোলয়েডকে রক্ষাকারী কোলয়েড (protective colloid) বলা হয়।

এখন দেখা যাচ্ছে যে প্রতিটি অধঃক্ষেপণের সময় অধঃক্ষেপের পৃষ্ঠদেশে কিছু ভিন্ন আয়ন (অপদ্রব্য) শোষিত হয়ে থেকে যায়। জল দ্বারা ধুয়ে নেবার সময় বেশ কিছু অপদ্রব্য মুক্ত হয় এবং সেগুলি দূর করা সম্ভব হয়। কিন্তু নূতন বাধা এসে দেখা দেয়। তড়িত বিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ তঞ্চনমূল্য অপেক্ষা কমে গেলে পেপটাইজেশন প্রক্রিয়ায় কিছু পরিমাণ অধঃক্ষেপ কোলয়েডে পরিণত হয়। যেমন, ক্লোরোঅ্যাসিটেট বাফার দ্রবণে ZnS অধঃক্ষেপণ ঘটালে ছাঁকনের সময় লঘু H_2S-জল দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নিতে হয়, বিশুদ্ধ জল দ্বারা এখানে ধোয়া চলে না। যদি ধোয়া হয় তাহলে কিছু পরিমাণ ZnS কোলয়েড কণায় পরিণত হবে এবং দ্রবণের সাথে মিশে যাবে। সেজন্য সর্বদাই অধঃক্ষেপ উপযুক্ত দ্রবণ দ্বারা ধুতে হয় যাতে মাত্রিক বিশ্লেষণের পরবর্তী স্তরে বিঘ্ন না ঘটায়।

4, 12. সহ-অধঃক্ষেপণ *(Co-precipitation)*—যখন কোন দ্রবণে অধঃক্ষেপণ হয় তখন ঐ অধঃক্ষেপ বিশুদ্ধ হতে পারে, অথবা নাও হতে পারে।

---

*[ধনাত্মক আয়নকে সংক্ষেপে ধন আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নকে ঋণ আয়ন বলা যেতে পারে।]

ঐ অধঃক্ষেপে কিরূপ পরিমাণ অপদ্রব্য থাকবে তা নির্ভর করে কোন অবস্থায় অধঃক্ষেপণ হয়েছে এবং কি ধরনের অধঃক্ষেপ হয়েছে তার উপর। দ্রবণে দ্রবীভূত পদার্থ অধঃক্ষেপের সাথে মিশে থাকলে তাকে **সহ-অধঃক্ষেপণ** বলা হয়। সহ-অধঃক্ষেপণ দু রকমে হতে পারেঃ (1) অধঃক্ষেপের পৃষ্ঠদেশে শোষিত অবস্থায় থাকে, (2) কেলাস গঠনের (crystal growth) সময় অন্তর্ধৃত অবস্থায় থাকে। প্রথম প্রকারের ঘটনা ঘটে যখন জেলির মত অধঃক্ষেপ হয়। যেমন, Ca^{2+} আয়নের উপস্থিতিতে $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপণ (জেলির মত) হলে Ca^{2+} আয়নের সহ-অধঃক্ষেপণ হয়। সেজন্য জেলির মত অধঃক্ষেপ হলে অন্ততঃ দুবার অধঃক্ষেপণ করে অধঃক্ষেপকে বিশুদ্ধ করতে হয়। দ্বিতীয় প্রকারের উদাহরণ হল দ্রবণে $KMnO_4$-র উপস্থিতিতে $BaSO_4$ অধঃক্ষেপণ। $KMnO_4$ অন্তর্ধৃত অবস্থায় থাকে।

4, 13. **উত্তর-অধঃক্ষেপণ** (*Post-precipitation*)—বাঞ্ছিত অধঃক্ষেপ গঠনের পর ঐ পৃষ্ঠদেশে ভিন্ন লবণের অধঃক্ষেপণ হলে তাকে বলা হয় **উত্তর-অধঃক্ষেপণ**। সামান্য দ্রবণীয় লবণের উপস্থিতিতে এই ঘটনা ঘটে। যেমন Ca^{2+} আয়নের উপস্থিতিতে Ba^{2+} আয়নের সালফেট হিসাবে অধঃক্ষেপণ, ক্যালসিয়াম সালফেট বেরিয়াম সালফেটের পৃষ্ঠদেশে ক্রমশ জমতে থাকে। Mg^{2+} আয়নের উপস্থিতিতে Ca^{2+} আয়নের অক্সালেট হিসাবে অধঃক্ষেপণ ঘটালে একই প্রকারে ম্যাগনেসিয়াম অক্সালেটের উত্তর-অধঃক্ষেপণ হয়।

4, 14. **ডাইজেশন** (*Digestion*)—দ্রবণে উপযুক্ত বিকারক মেশানোর পর অধঃক্ষেপকে ঐ দ্রবণে সাধারণ তাপমাত্রায় 12 থেকে 24 ঘণ্টা মত রাখা হয়। অনেক সময় জলগাহে (water bath) কিছুক্ষণ গরম করতে হয়। এই প্রক্রিয়াকে **ডাইজেশন** বলে। এর উদ্দেশ্য হচ্ছে—অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ করা এবং বড় আকারের কেলাস গঠন করা যাতে সহজে তাড়াতাড়ি ছেঁকে নেওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে সহ-অধঃক্ষেপণ জনিত অপদ্রব্যগুলিকে সহজে মুক্ত ও দ্রবীভূত করা যায়।

4, 15. **অধঃক্ষেপণের শর্তাবলী**—অধঃক্ষেপণের সময় মোটামুটি নিম্নলিখিত নিয়মগুলি মেনে চলা হয়ঃ

(1) সাধারণতঃ লঘু দ্রবণে উত্তপ্ত (বিশেষ ক্ষেত্রে শীতল) অবস্থায় অধঃক্ষেপণ করা হয়।

(2) ধীরে ধীরে এবং সর্বক্ষণ নাড়তে নাড়তে বিকারক দ্রবণ মেশানো হয়। প্রয়োজনের একটু বেশী বিকারক দিতে হয়।

(3) কেলাসিত অধঃক্ষেপ হলে জলগাহে নির্দিষ্ট সময়মত ডাইজেশন করা হয়।

(4) উপযুক্ত লঘু দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নেওয়া হয়।

(5) প্রয়োজন হলে অধঃক্ষেপ উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত করে পুনরায় অধঃক্ষেপণ করা হয়।

4, 16. অধঃক্ষেপ ধৌতি (*Washing of the precipitate*)—যখন কোন দ্রবণে অধঃক্ষেপণ করা হয় তখন ঐ দ্রবণে একাধিক পদার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। সুতরাং দ্রবীভূত পদার্থ কিছু কিছু অধঃক্ষেপের পৃষ্ঠদেশে লেগে থাকা স্বাভাবিক এবং এই ধৌতি পদ্ধতির উদ্দেশ্য হচ্ছে ঐ সমস্ত লেগে থাকা পদার্থগুলির যতদূর সম্ভব অপসারণ। কোন্ দ্রবণ ব্যবহার করা হবে তা নির্ভর করে অধঃক্ষেপের রাসায়নিক ধর্ম ও দ্রবনীয়তার উপর। বিশুদ্ধ জল দ্বারা সাধারণতঃ ধোয়া হয় না, কারণ অধঃক্ষেপের আংশিক পেপটাইজেশন হবার সম্ভাবনা থাকে। অধঃক্ষেপের সাথে সাধারণ আয়ন (common ion) থাকে এবং সহজে উদ্বায়ী এমন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের লঘু দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নেওয়া হয়। এই সব কারণে, অ্যামোনিয়াম লবণ, অ্যামোনিয়া দ্রবণ এবং লঘু অ্যাসিড সচরাচর ব্যবহার করা হয়। পরিস্রুত (filtrate) নিয়ে যদি বিশ্লেষণ করতে হয় তাহলে ধুয়ে নেওয়ার জন্য দ্রবণ ঠিক করা আরও সীমায়িত হয় যাতে পরবর্তী স্তরে ঐ দ্রবণ প্রতিবন্ধক না হয়। অপদ্রব্য ধুয়ে নেওয়ার জন্য লঘিষ্ঠ পরিমাণ দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। সাধারণতঃ বারে বারে অল্প পরিমাণ দ্রবণ দ্বারা ধোয়া হয়।

একবারে বেশী পরিমাণ দ্রবণ দিয়ে ধুলে যেটুকু অপদ্রব্য দূর হয়, সমান পরিমাণ দ্রবণ দিয়ে অল্প অল্প দ্রবণ ঢেলে বারবার ধুলে তার চাইতে অনেক বেশী পরিমাণ অপদ্রব্য অপসারিত হয়। অংক কষে এ কথার মর্ম সহজেই উপলব্ধি করা যায়। যখন অপদ্রব্যগুলি অধঃক্ষেপের গায়ে সাধারণভাবে লেগে থাকে, তখন আদর্শ অবস্থায় নিম্নলিখিত সমীকরণ ভালভাবে কার্যকরী হয়ঃ

$$m_n = m_0 \left(\frac{u}{u+v}\right)^n$$

এখানে, m_n = n-বার ধোবার পর অপদ্রব্যের গাঢ়ত্ব

m_0 = ধোবার পূর্বে অপদ্রব্যের গাঢ়ত্ব

u = অধঃক্ষেপ ধোবার পর যেটুকু ধৌতি দ্রবণ অধঃক্ষেপের সাথে থেকে যায়। ইহা মি.লি. এককে প্রকাশ করা হয়।

v = প্রতিবার ধোবার জন্য ধৌত দ্রবণের আয়তন। ইহা মি. লি. এককে প্রকাশ করা হয়।

এখন, যদি $u = 1$ মি. লি. এবং $v = 9$ মি. লি. হয়, তাহলে তিন বার ধোবার পর অপদ্রব্যের গাঢ়ত্ব সহস্রাংশ (10^{-3}) কমে যায়। একবারে যদি 27 মি. লি. ধৌত দ্রবণ ব্যবহার করা হয় তাহলে অপদ্রব্যের গাঢ়ত্ব মাত্র দশাংশ পরিমাণ কমে।

পঞ্চম অধ্যায়

মাত্রিক বিশ্লেষণে ভ্রম (*Errors in Quantitative Analysis*)

5, 1. **সংজ্ঞা**—যখন আমরা নির্ভুল ভাবে কোন পদ্ধতির দ্বারা কোন পরিমাণ মাপার চেষ্টা করি, তখন আমরা বারংবার একই পদ্ধতিতে মেপে দেখি একই ফল পাচ্ছি কিনা এবং দেখা যায় যে প্রতিটি ফল এক হচ্ছে না, কম বেশী কাছাকাছি হচ্ছে। তখন আমরা সর্বাধিক সম্ভাব্য (most probable) ফল হিসাবে প্রতিটি ফলের গড় (mean) নিয়ে থাকি। কিন্তু এই গড় মান **পরম মান**, μ, (true value) নাও হতে পারে। কোন কোন ক্ষেত্রে এদের পার্থক্য কম হয়, কোন কোন ক্ষেত্রে বেশী হয়। পরম মান থেকে মাপন মানের ও, (measured value) পার্থক্যকে মাত্রিক বিশ্লেষণে **পরম ভ্রম** (absolute error) বলে।

পরম ভ্রমকে পরম মান দ্বারা ভাগ করলে **আপেক্ষিক ভ্রম** (relative error) পাওয়া যায় এবং ইহা সচরাচর সহস্রকরা (p.p.t) অথবা শতকরা (%) হিসাবে প্রকাশ হরা হয়। মনে কর সংকর ইস্পাতে ক্রোমিয়াম ধাতুর পরম মান হল 30·11 এবং বিশ্লেষণ করে পাওয়া গেল 30·14; তাহলে

পরম ভ্রম হচ্ছে 0·03 এবং আপেক্ষিক ভ্রম হচ্ছে $\frac{0{\cdot}03 \times 100}{30{\cdot}11} = 0{\cdot}099\%$

(অথবা সহস্র করা 0·99 ভাগ)।

কোন পরিমাণের পরম মান বিশ্লেষণ করে ঠিক করা যায় না, সেজন্য সর্বাধিক সম্ভাব্য ফলের সাথে মাপন মানের তুলনা করা হয়। মান নির্ণয়ে নির্ভুলতা (accuracy) ঠিক করা হয় পরম ভ্রম দ্বারা। পরম ভ্রম যত কম হবে নির্ভুলতা তত বেশী হবে। পরম ভ্রম শূন্য হলে মান **পরম নির্ভুল** অথবা **সর্বাধিক সম্ভাব্য** বলা হবে।

মাত্রিক বিশ্লেষণে ফলাফলের গাণিতিক গড় ও, (arithmetical mean) নেওয়া হয়, তারপর ঐ গড়মান থেকে প্রত্যেক মাপন মানের ভ্রম মাত্রা, Si, (deviation) কত অংক কষে বের করা হয় এবং অবশেষে ঐ ভ্রম মাত্রার গড়, d, (mean deviation) নেওয়া হয়।

$$d = \frac{\Sigma\, Si}{n} \tag{5.1}$$

ΣSi = প্রত্যেক ভ্রম মাত্রার মোট যোগফল।

n = মাপন সংখ্যা

ভ্রম মাত্রার গড়কে গাণিতিক গড়মান দ্বারা ভাগ করলে আপেক্ষিক ভ্রম মাত্রার গড়, D_R, পাওয়া যায় এবং শতকরা অথবা সহস্রকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

$$D_R = \frac{\Sigma Si}{\bar{S} \times n} \times 100 \tag{5.2}$$

উদাহরণ—সংকর ইস্পাত বিশ্লেষণ করে দেখা গেল তার মধ্যে শতকরা 30·22, 30·14, 30·08, 30·02, 30·11 ক্রোমিয়াম ধাতু আছে। এখন ভ্রম মাত্রার গড় ও আপেক্ষিক ভ্রম মাত্রার গড় কত?

$$\text{গাণিতিক গড়} = \frac{30{\cdot}22 + 30{\cdot}14 + 30{\cdot}08 + 30{\cdot}02 + 30{\cdot}11}{5}$$

$$= 30{\cdot}11$$

$$\text{ভ্রম মাত্রার গড়} = \frac{0{\cdot}11 + 0{\cdot}03 + 0{\cdot}03 + 0{\cdot}09 + 0{\cdot}00}{5}$$

$$= 0{\cdot}05$$

$$\text{অতএব, আপেক্ষিক ভ্রম মাত্রার গড়} = \frac{0{\cdot}05 \times 100}{30{\cdot}11}$$

অর্থাৎ হাজারে 1·7 ভাগ

মাত্রিক বিশ্লেষণে বারংবার যদি একই ফল পাওয়া যায় তাহলে বলব মাপনে **যথাযথতা** (precision) আছে। নির্ভুলতা দ্বারা মাপন ঠিক হয়েছে কিনা জানা যাবে, আর যথাযথতা দ্বারা জানা যাবে মাপনে বারংবার একই ফল পাওয়া গেছে কিনা।

এখন আমরা যদি n সংখ্যক ফলাফল বিবেচনা করি এবং তাদের পর পর $s_1, s_2, s_3, \ldots\ldots s_{n-1}, s_n$, এই ভাবে চিহ্ন দিয়ে লিখি, তাহলে গাণিতিক গড় পাওয়া যাবে নিম্নলিখিত সূত্র হতেঃ

$$\bar{S} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + \ldots\ldots + s_{n-1} + s_n}{n} \tag{5.3}$$

এবং **প্রমাণ ভ্রমমাত্রা** (standard deviation), D_s, পাওয়া যাবেঃ

$$D_s = \sqrt{\frac{(s_1 - \bar{s})^2 + (s_2 - \bar{s})^2 + \ldots\ldots + (s_n - \bar{s})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{\Sigma (si)^2}{n-1}} \tag{5.4}$$

এখন সংকর ইস্পাত বিশ্লেষণের ফলাফল থেকে প্রমাণ ভ্রমমাত্রা কত হয় দেখা যাক।

$$D_s = \sqrt{\frac{(0 \cdot 11)^2 + (0 \cdot 03)^2 + (0 \cdot 03)^2 + (0 \cdot 09)^2 + 0}{5-1}}$$

$$= 0 \cdot 072$$

এই সংখ্যা গড়মানকে বেশী বিশ্বাসযোগ্য করে তোলে। অবশ্য এ কথার অর্থ এই নয় যে, পরম মান অবশ্যই 30·11—0·072 থেকে 30·11+0·072 সীমার মধ্যে থাকবে। অনেকেই প্রমাণ ভ্রমমাত্রার দ্বিগুন সংখ্যা ব্যবহার করে থাকেন যাতে সীমা রেখাটা বড় এবং ঐ সীমার মধ্যে পরম মান থাকার সম্ভাবনাটা আরও বেশী হয়। এই রীতি অনুসারে পূর্বোক্ত উদাহরণ যদি আলোচনা করা হয় তাহলে 30·11 — 0·144 (= 29·966) থেকে 30·11 + 0·144 (= 30·254)-র মধ্যে পরম মান থাকার সম্ভাবনা খুব বেশী হয়।

একই পরিমাণ পদার্থের বারংবার বিশ্লেষণ করে যে বিশ্লেষণ মান পাওয়া যায় তাদের মধ্যবর্তী মানকে (median value) অনেকে সর্বাধিক সম্ভাব্য মান হিসাবে বিবেচনা করেন এবং গাণিতিক গড় নেওয়ার প্রয়োজন মনে করেন না। আমরা যদি সংকর ইস্পাত বিশ্লেষণের ফলাফল আলোচনা করি তাহলে দেখি 30·11 হচ্ছে মধ্যবর্তী মান। এর থেকে বেশী দুটি ফলাফল সংখ্যা আছে এবং এর থেকে কম দুটি ফলাফল সংখ্যা আছে অর্থাৎ বহু সংখ্যক ফলাফল মানের মধ্যে মধ্যবর্তী মান হবে এমন সংখ্যা যার থেকে বেশী এবং কম সমান সংখ্যক ফলাফল মান আছে।

5, 2. ভ্রম বিভাগীকরণ (*Classification of errors*)—বিশ্লেষণ কালে যে সব ভ্রম হয়, সেগুলি কি ভাবে ঘটেছে তার উপর নির্ভর করে ভ্রমগুলিকে প্রধান দুই ভাগে ভাগ করা হয়ঃ (1) **নিরন্তর ভ্রম** (Constant errors), (2) **আকস্মিক ভ্রম** (accidental errors)।

1. নিরন্তর ভ্রম—একটু যত্নসহকারে বিশ্লেষণ করলে এই ধরনের ভ্রমগুলি সহজে কমবেশী এড়ানো যায় অথবা এদের মান নির্ণয় করা যায়। নিরন্তর ভ্রমগুলির মধ্যে নিম্নলিখিত গুলি বিশেষ উল্লেখযোগ্যঃ

(*i*) **ব্যক্তিগত ভ্রম** (personal errors)—প্রত্যেক বিশ্লেষণকারীর ব্যক্তিগত ত্রুটির জন্য এই ধরনের ভ্রম হয়ে থাকে। যেমন, কিছু ব্যক্তি আছেন যাঁরা অন্তবিন্দুতে হঠাৎ রঙের পরিবর্তন ঠিক ধরতে পারেন না, অথবা তুলাদণ্ডে ওজন নিতে ভুল করেন, ইত্যাদি।

(*ii*) **যান্ত্রিক ভ্রম** (instrumental errors)—বিশ্লেষণকালে ব্যবহৃত

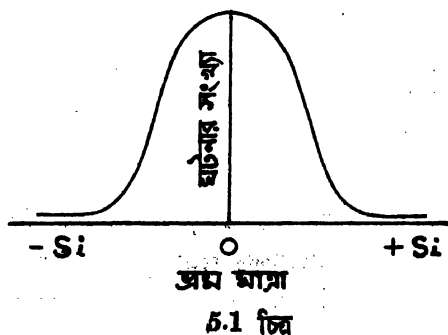
ত্রুটিপূর্ণ যন্ত্রপাতি হতে এই ধরনের ভ্রম হয়ে থাকে। যেমন, ব্যুরেট, পিপেট, ইত্যাদি আয়তনিক কাচপাত্রের আয়তন মাত্রা যদি ঠিক না থাকে, তুলাদণ্ড যদি ত্রুটিপূর্ণ হয়, তাহলে যান্ত্রিক ভ্রম হওয়া স্বাভাবিক।

(*iii*) **বিকারক ভ্রম** (Reagent errors)—বিকারকের মধ্যে অপদ্রব্য থাকলে, বিকারকের সাথে পাত্রের বিক্রিয়া ঘটলে, এই ধরনের ভ্রম হয়ে থাকে।

(*iv*) **পদ্ধতিগত ভ্রম** (Errors of method)—বিশ্লেষণ পদ্ধতি যদি ত্রুটিপূর্ণ হয় অথবা পদ্ধতি অনুসারে ঠিকমত যদি না করা হয়, তাহলে এই ধরনের ভ্রম হয়ে থাকে। যেমন, অনুমাপন বিশ্লেষণে অ্যাসিড অথবা ক্ষারক প্রয়োজন মত যোগ না করার জন্য বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় নাই, অথবা পার্শ্ব বিক্রিয়া (side reaction) ঘটেছে, ইত্যাদি। সহ-অধঃক্ষেপণ, উত্তর-অধঃক্ষেপণ, বিযোজন, ইত্যাদি ধরনের ভ্রম তৌলিক বিশ্লেষনে ঘটে থাকে।

(*v*) **অনুপাত ভ্রম** (Proportional error)—প্রমাণ বিকারকে (standard reagent) যদি অপদ্রব্য থাকে তাহলে প্রমাণ দ্রবণও (standard solution) ত্রুটিপূর্ণ হবে এবং এই ধরনের ভ্রমমাত্রার পরমমান নির্ভর করে বিকারকের মাত্রার উপর।

2. আকস্মিক ভ্রম—একজন ব্যক্তি অধিক যত্ন সহকারে একই পদ্ধতি অনুসারে পর পর কতকগুলি বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে, ফলাফলগুলি সব এক (same) হচ্ছে না, কিছু আলাদা হচ্ছে। বিশ্লেষণ সংখ্যা যদি অনেক বেশী করা হয় এবং ফলাফলগুলি ভ্রমমাত্রা (deviations)

5.1 চিত্র

একটি লেখ চিত্রে সাজানো যায়, তাহলে নিম্নরূপ একটি লেখ চিত্র (5.1 নং চিত্র) পাওয়া যায়। এই লেখ চিত্র থেকে জানা যায় যে, (ক) অল্প মাত্রার ভ্রমগুলি বারংবার ঘটে, (খ) বেশী মাত্রার ভ্রমগুলি অপেক্ষাকৃত কম ঘটে,

এবং (গ) একই মাত্রার ধন ও ঋণ (positive and negative) ভ্রমগুলি একই অনুপাতে ঘটবার সম্ভাবনা থাকে।

5, 3. ভ্রম হ্রস্বীকরণ (*Minimisation of errors*)—নিম্নলিখিত যে কোন পদ্ধতিতে কিছু ভ্রম হ্রাস করা সম্ভবঃ

(*i*) **ভ্রম সংশোধন**—প্রমাণ (standard) যন্ত্রপাতির সাহায্যে সাধারণ যন্ত্রপাতির ভ্রম সংশোধন করাকে বলা হয় **ক্যালিব্রেশন** (calibration) অথবা **যন্ত্রপাতি প্রমিত করণ**। বিশ্লেষণের পূর্বে সর্বপ্রকার যন্ত্রপাতি প্রমিত করণ প্রয়োজন।

(*ii*) **মাপ্যহীন মাপন** (Blank determination)—কোন পদার্থের মাপনের সময় একই পদ্ধতি অনুসারে একই বিকারক দ্রব্য ব্যবহার করে শুধুমাত্র যে পদার্থটি মাপা হচ্ছে সেই পদার্থটি যোগ না করে পাশাপাশি আর একটি পরীক্ষাকার্য চালানোর পদ্ধতিকে **মাপ্যহীন মাপন** বলা হয়। পরীক্ষাকালে ব্যবহৃত বিকারকগুলি হতে অথবা ব্যবহৃত পাত্র হতে কোন অপদ্রব্যের সংমিশ্রণ ঘটলে এই উপায়ে তা সংশোধন করা হয়। এই পদ্ধতিতে যে অংকফল পাওয়া যায় তা আসল মাপনের অংকফল হতে বাদ দেওয়া হয়। তবে এই অংকফল যদি মাত্রাছাড়া হয় অর্থাৎ খুব বেশী হয় তাহলে এই উপায়ে সংশোধন করলেও ফলাফলের নির্ভুলতা ও যথাযথতা সম্বন্ধে সন্দেহের অবকাশ থাকে।

(*iii*) **তুলনামূলক মাপন** (Comparative determination)—কোন অজ্ঞাত বস্তুর কোন একটি উপাদানের পরিমাণ যথাসম্ভব নির্ভুলভাবে নির্ণয় করার জন্য পাশাপাশি এমন পরিচিত প্রমাণ বস্তু (standard substance) নেওয়া হয় যার মধ্যে প্রায় একই পরিমাণের ঐ উপাদান আছে। তারপর একই পরীক্ষা প্রণালী অনুসারে উভয় বস্তুকেই বিশ্লেষণ করা হয়। অজ্ঞাত বস্তুকে ঐ উপাদানের পরিমাণ (ওজন) নিম্নলিখিত সূত্র থেকে গণনা করা হয়ঃ

$$\frac{\text{অজ্ঞাত বস্তুর ফলাফল}}{\text{প্রমাণ বস্তুর ফলাফল}} = \frac{\text{অজ্ঞাত বস্তুতে উপাদানের ওজন}}{\text{প্রমাণ বস্তুতে উপাদানের ওজন}}$$

(*iv*) **দুই বা ততোধিক প্রমাণ পদ্ধতির ব্যবহার** (Use of two or more standard methods)—কতকগুলি ক্ষেত্রে কোন বস্তুর পরিমাণ নির্ণয়ে নির্ভুলতা যাচাই করার জন্য ঐ বস্তুকে বিভিন্ন প্রমাণ পদ্ধতির সাহায্যে বিশ্লেষণ করা হয়। যেমন, কপার আয়ন CuCNS হিসাবে তৌলিক বিশ্লেষণ করা যায়, আবার আয়োডোমেট্রিক (iodometric) পদ্ধতিতে

আয়তনিক বিশ্লেষণ করা যায়, আবার যান্ত্রিক বিশ্লেষণ (instrumental analysis) দ্বারাও মাপা যায়। এই তিন প্রকার অথবা দুই প্রকার বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা কপার আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ে নির্ভুলতা যাচাই করা যায়।

(*v*) **পুনরাবৃত্তি মাপন** (Repeated determination)—ফলাফলের যথাযথতা (Precision) ঠিক করার জন্য একই পদ্ধতিতে বারংবার বিশ্লেষণ করা হয়।

5, 4. বাতিলযোগ্য মাপন মান (*Rejection of measurments*)—অনেক সময় একই পরিমাণ বস্তুর বিশ্লেষণ ফলাফলগুলির মধ্যে দু-একটি মান সংখ্যা অবিশ্বাস্য বলে মনে হয়, কারণ তাদের মান অন্যান্যগুলির থেকে অনেকটা তফাৎ হয়ে যায়। সাধারণতঃই তখন মনে ইচ্ছা জাগে ঐ অবিশ্বাস্য মান সংখ্যাগুলিকে বাতিল করার, তারপর গাণিতিক গড় নেওয়ার। গাণিতিক সম্ভাব্যতার দৃষ্টিকোন থেকে এই বাতিলকরণ ঠিক হয়েছে, কি হয় নাই, তা স্থির করবার বিভিন্ন নিয়মের ব্যবহার আছে।

একটি নিয়ম অনুসারে সন্দেহজনক মান সংখ্যাগুলিকে প্রথমে বাতিল করা হয় এবং বাকী মান সংখ্যাগুলির গাণিতিক গড় ও ভ্রম মাত্রার গড় ঠিক করা হয়। যদি $Si \geq 4d$ হয় অর্থাৎ সন্দেহজনক মান সংখ্যার ভ্রমমাত্রা যদি ভ্রমমাত্রার গড়মানের চতুর্গুণ অপেক্ষা বেশী অথবা সমান হয় তাহলে ঐ সন্দেহজনক সংখ্যার বাতিলকরণ গাণিতিক নিয়মানুসারে যথার্থ বলে বিবেচিত হবে।

দ্বিতীয় ভাগ

পরীক্ষা পদ্ধতি

ষষ্ঠ অধ্যায়

অজৈব রসায়নের আঙ্গিক বিশ্লেষণে পরীক্ষা পদ্ধতি

(*Experimental Technique of Qualitative Inorganic Analysis*)

বিশ্লেষণকালে পরীক্ষণীয় বস্তুর মাত্রা বিভিন্ন হতে পারে। সেজন্য বস্তুর পরিমাণের উপর নির্ভর করে বিশ্লেষণকে তিনটি প্রধান পর্যায়ে ভাগ করা হয়ঃ

(ক) **প্রমাণ পরিমাণ বিশ্লেষণ** (Macro analysis)—এই বিশ্লেষণে মোট বস্তুর পরিমাণ হয় 0·5 থেকে ২·0 গ্রাম এবং দ্রবণের আয়তন হয় প্রায় ২0 — 50 মি.লি.।

(খ) **উন-পরিমাণ বিশ্লেষণ** (Semimicro analysis)—এই বিশ্লেষণে বস্তুর নিম্ন মাত্রা হয় 0·0২ গ্রাম এবং দ্রবণের আয়তন হয় 1 — ২ মি.লি.।

(গ) **লেশ পরিমাণ বিশ্লেষণ** (Micro analysis)—এই বিশ্লেষণে মোট বস্তুর পরিমাণ 0·01 গ্রাম অথবা তারও কম হয়।

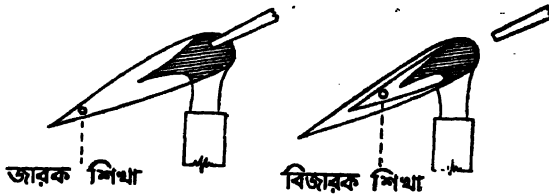
এই বিভাগীকরণ অতিস্পষ্ট সীমারেখা দ্বারা চিহ্নিত নয়, তবে মোটামুটি-ভাবে একটা সীমারেখা টানা হয়েছে।

বিশ্লেষণ রীতি

6, 1. শুষ্ক বিক্রিয়া (*Dry reaction*)

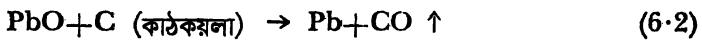
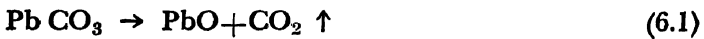
1. তাপ বিক্রিয়া (Action of heat)—কাচের ছোট পরীক্ষানলে (8×¾ সে.মি.) সাধারণতঃ এই পরীক্ষা করা হয়। সামান্য পরিমাণ কঠিন বস্তু পরীক্ষানলে নিয়ে বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হয়। বস্তুটি গলে যেতে পারে, বিযোজিত (decomposed) হতে পারে, ঊর্ধ্বপাতিত (sublimed) হতে পারে, রঙের পরিবর্তন হতে পারে, অথবা নির্দিষ্ট ধর্মযুক্ত গ্যাস নির্গত হতে পারে।

2. ফুৎকার শিখায় (Blowpipe fame) পরীক্ষা—এই পরীক্ষার জন্য প্রায় পাঁচ সে.মি. লম্বা উজ্জ্বল বুনসেন শিখার প্রয়োজন। বাঁকনলের মুখটি শিখার ঠিক বাইরে রেখে আস্তে আস্তে ফুঁ দিলে বিজারক শিখা পাওয়া যায় (6, 1 নং চিত্র) এবং ফুৎকার শিখার অন্তরতর শংকু (inner

cone) দিয়ে পরীক্ষণীয় বস্তুটিকে উত্তপ্ত করা হয়। জারক শিখা পেতে হলে বাঁকনলের মুখটি শিখার এক-তৃতীয়াংশ ভিতরে রেখে বেশ জোরে ফুঃ দিতে হয় এবং ফুৎকার শিখার অগ্রভাগ (extreme tip) দিয়ে পরীক্ষাণীয়

6.1 চিত্র

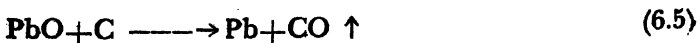
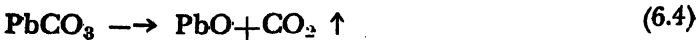
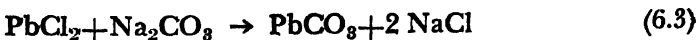
বস্তুটিকে উত্তপ্ত করা হয়। এই পরীক্ষা করার জন্য একটি কাঠকয়লার খণ্ড নেওয়া হয় এবং ছুরি দ্বারা তার মধ্যে একটি ছোট গর্ত করা হয়। পরীক্ষণীয় বস্তু ঐ গর্তে নেওয়া হয় এবং প্রয়োজন মত জারক অথবা বিজারক শিখায় উত্তপ্ত করা হয়।

$$PbCO_3 \rightarrow PbO + CO_2 \uparrow \quad (6.1)$$

$$PbO + C \text{ (কাঠকয়লা) } \rightarrow Pb + CO \uparrow \quad (6{\cdot}2)$$

প্রয়োজন হলে পরীক্ষণীয় বস্তুটিকে দ্বিগুণ পরিমাণ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের (অথবা সমপরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট ও পটাসিয়াম কার্বনেট মিশ্রণ) সাথে মেশান হয় এবং পুনরায় কাঠকয়লার দ্বিতীয় গর্তে নিয়ে বিজারক শিখায় উত্তপ্ত করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট দেওয়ার উদ্দেশ্য হচ্ছে ধাতব লবণকে উত্তপ্ত করে প্রথমে কার্বনেটে, তারপর অক্সাইডে রূপান্তরিত করা—যাতে বিজারণ ক্রিয়া সহজে সম্পন্ন হয়। উপরন্তু Na_2CO_3 বিগলক (flux) হিসাবে কাজ করে এবং গলিত অবস্থায় নীচে ঢাকা ধাতুর দানা গুলিকে জারণক্রিয়া থেকে রক্ষা করে। সোডিয়াম কার্বনেটের সাথে সমপরিমাণ পটাসিয়াম কার্বনেট মেশালে মিশ্রণের গলনাংক কমে যায় এবং তাতে কাজের সুবিধা হয়।

$$PbCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow PbCO_3 + 2\,NaCl \quad (6.3)$$

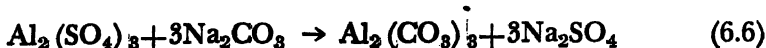
$$PbCO_3 \longrightarrow PbO + CO_2 \uparrow \quad (6.4)$$

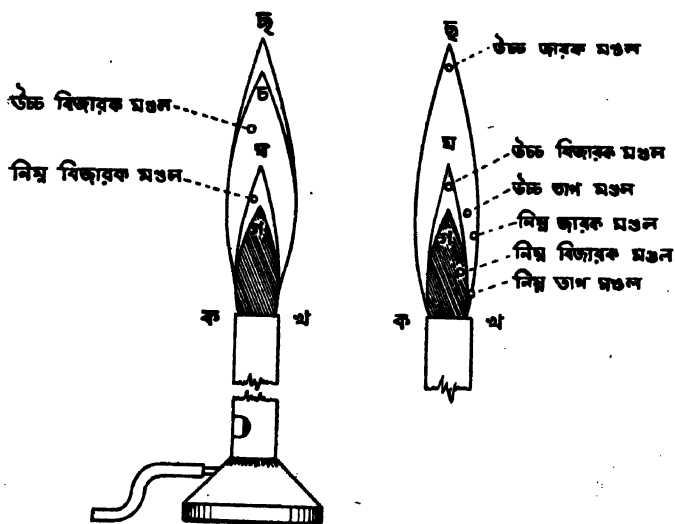
$$PbO + C \longrightarrow Pb + CO \uparrow \quad (6.5)$$

এইভাবে পরীক্ষাকার্য শেষ হবার পর যদি অগলনীয় সাদা অবশেষ থাকে তাহলে ঐ অবশেষের উপর এক অথবা দুই ফোঁটা লঘু কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ মিশিয়ে বাঁকনলের জারক শিখায় উত্তপ্ত করা হয়।

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Na_2CO_3 \rightarrow Al_2(CO_3)_3 + 3Na_2SO_4 \qquad (6.6)$$

$$Al_2(CO_3)_3 \longrightarrow \underset{\text{অগলনীয় সাদা অবশেষ}}{Al_2O_3} + 3CO_2 \uparrow \qquad (6.7)$$

$$Co(NO_3)_2 \longrightarrow CoO + 2NO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \qquad (6.8)$$

$$Al_2O_3 + CoO \longrightarrow \underset{\text{নীল}}{CoAl_2O_4} \qquad (6.9)$$

3. দীপ শিখায় পরীক্ষা (Flame tests)—দীপ শিখায় পরীক্ষা সম্বন্ধে আলোচনা করার পূর্বে দীপ শিখা সম্বন্ধে কিছু আলোচনা করা প্রয়োজন। দীপ শিখা দুই প্রকারের হয়—(1) দীপ্ত শিখা, এবং (২) দীপ্তিহীন শিখা (6, ২নং চিত্র)।

6·২ চিত্র

বায়ু নিয়ন্ত্রক ঘুরিয়ে বায়ুর প্রবেশদ্বার সম্পূর্ণরূপে বন্ধ করে দিলে দীপ্ত শিখার (Luminous flame) সৃষ্টি হয় এবং বায়ুর প্রবেশদ্বার

উন্মুক্ত করে দিলে দীপ্তিহীন শিখার (Non-luminous flame) সৃষ্টি হয়।
এই শিখাকে চারটি মণ্ডলে ভাগ করা যায়ঃ

(*i*) **ভিতরের অন্ধকার মণ্ডল,** ক গ খ, (Dark inner zone)—এই অংশে গ্যাসের কোন দহন হয় না।

(*ii*) **ঘননীল মণ্ডল,** ক ঘ খ গ, (Inner blue zone)—অন্ধকার মণ্ডলের চারপাশে এই মণ্ডল এবং এই অংশে আংশিক দহনের ফলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ভিতরের অন্ধকার মণ্ডল ও ঘন নীল মণ্ডলের সংযোগ স্থল হচ্ছে **নিম্ন বিজারক মণ্ডল** (Lower reducing zone)।

(*iii*) **উজ্জ্বল দীপ্ত মণ্ডল,** ক চ খ ঘ, (Bright luminous zone)—এই অংশে গ্যাসের আংশিক দহন হয় এবং সোনালী হলুদ রঙের শিখা দেখা যায়। গ্যাসের কার্বন এই অংশে বিযুক্ত হয়। এই মণ্ডলকে বলা হয় **উচ্চ বিজারক মণ্ডল** (Upper reducing zone) এবং এই সোনালী শিখাকে বলা হয় **বিজারক শিখা** (Reducing flame)। যখন বায়ু-নিয়ন্ত্রক ঘুরিয়ে বায়ুর প্রবেশ দ্বার আংশিক উন্মুক্ত করা হয় তখন অধিক অক্সিজেনের উপস্থিতিতে গ্যাসের আংশিক দহন আর হয় না। সেজন্য উজ্জ্বল দীপ্ত মণ্ডল ছোট হয়ে ঘন নীল মণ্ডলের সাথে মিশে যায়, পৃথক করে বোঝা যায় না।

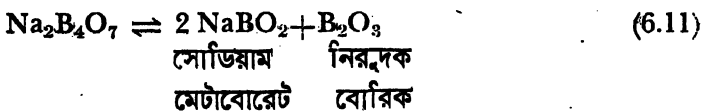
(*iv*) **নীলাভ মণ্ডল,** ক ছ খ চ, (Blue non-luminous zone)—দীপ্ত মণ্ডলে চারপাশে এই মণ্ডলে বায়ুর সংযোগে গ্যাসের দহন সম্পূর্ণ হয়। এই শিখাকে বলা হয় **জারক শিখা** (Oxidising flame)। যখন বায়ু-নিয়ন্ত্রক ঘুরিয়ে বায়ুর প্রবেশ দ্বার বন্ধ করা হয় তখন এই শিখা এত ছোট হয়ে যায় যে প্রায় দেখা যায় না এবং এই শিখার সাহায্যে কাজ করাও যায় না। বায়ুর প্রবেশদ্বার উন্মুক্ত করে দিলে এই শিখার আয়তন বেড়ে যায় এবং এই শিখাকে কাজে লাগানো হয়। দীপনলের মুখের কাছে নীচের অংশে এই শিখার উত্তাপ কম থাকে এবং ঐ অংশকে বলা হয় **নিম্ন তাপ মণ্ডল** (Lower temperature zone)। এই শিখার মাঝামাঝি জায়গায় উত্তাপ সবচেয়ে বেশী থাকে এবং এই অংশকে বলা হয় **উচ্চ তাপ মণ্ডল** (Hottest portion of flame)। এই শিখার অগ্রভাগকে বলা হয় **উচ্চ জারক মণ্ডল** (Upper oxidising zone) এবং নীচের অংশকে বলা হয় **নিম্ন জারক মণ্ডল** (Lower oxidising zone)।

এখন আমরা দীপ শিখা পরীক্ষা বিষয়ে আলোচনা করব। আমরা জানি ধাতব ক্লোরাইডগুলি দীপ্তিহীন শিখায় উদ্বায়ী এবং বিশেষ বিশেষ রঙীন

শিখার সৃষ্টি করে। সেজন্য দীপ শিখা পরীক্ষায় একটি 5 সে.মি. লম্বা (0·03 — 0·05 মি.মি. ব্যাস) সরু প্লাটিনামের তার নিয়ে একটি ছোট কাচদণ্ডের এক প্রান্তে লাগিয়ে নেওয়া হয়। এই কাচদণ্ডটি হাতল হিসাবে কাজ করে। একটি ঘড়ি কাচে (watch glass) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নেওয়া হয়, তারপর প্লাটিনামের তারটি ঐ অ্যাসিডে চুবিয়ে দীপ্তিহীন শিখার উচ্চতাপ মণ্ডলে ধরা হয়। এইভাবে কয়েকবার শিখায় ধরলে তারটি পরিষ্কার হয়ে যায়। পরিষ্কার প্লাটিনাম তার দীপ্তিহীন শিখায় ধরলে কোন রঙীন শিখা তৈরী হয় না। সুতরাং রঙীন শিখা না হলে বুঝতে হবে তারটি ধাতব আয়ন মুক্ত হয়েছে এবং এখন এই তার দ্বারা কোন পরীক্ষণীয় বস্তু দীপ শিখায় পরীক্ষা করা চলবে। তারটি প্রথমে গাঢ় HCl-এ ভিজিয়ে নেওয়া হয়, তারপর তারটিকে পরীক্ষণীয় বস্তুর সংস্পর্শে আনা হয়। বস্তুর দু-একটি দানা ঐ ভিজে তারে লেগে যায়। এখন তারটিকে দীপ্তিহীন শিখার নিম্ন জারক মণ্ডলে ধরা হয় এবং শিখার রঙ ও বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা হয়। উদ্বায়ী ধাতব ক্লোরাইডগুলি উচ্চ তাপে ভেঙে যায় এবং যথাযথ ধাতব পরমাণু তাদের নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য-যুক্ত বর্ণালী (spectra) তৈরী করে।

4. সোহাগা-গুটিকা পরীক্ষা (Borax bead test)—আগে দীপশিখা পরীক্ষায় আলোচনা করা হয়েছে ঐ রকম একটি প্লাটিনাম তার নেওয়া হয় এবং আগায় একটি ছোট বলয় (loop) তৈরী করা হয়। তারের বলয়টিকে প্রথমে বুনসেনদীপে উত্তপ্ত করে লাল করা হয়, তারপর খুব তাড়াতাড়ি গুড়া সোহাগার মধ্যে রাখা হয়। কিছু পরিমাণ সোহাগা ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$) ঐ তারের বলয়ের চারপাশে লেগে যায়। এখন বলয়টি দীপ্তি-হীন শিখার উচ্চ তাপ মণ্ডলে ধরলে প্রথমে কেলাস জল (water of crystallization) হারিয়ে সোহাগার খই তৈরী হয়, তারপর ধীরে ধীরে কাচের মত স্বচ্ছ বর্ণহীন গুটিকায় পরিণত হয়।

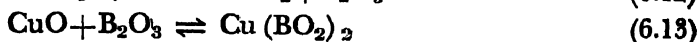
$$Na_2B_4O_7,\ 10\,H_2O \rightleftharpoons Na_2B_4O_7 + 10\,H_2O \qquad (6.10)$$

$$Na_2B_4O_7 \rightleftharpoons \underset{\text{সোডিয়াম মেটাবোরেট}}{2\,NaBO_2} + \underset{\text{নিরুদক বোরিক}}{B_2O_3} \qquad (6.11)$$

উত্তপ্ত অবস্থায় গুটিকাটি পরীক্ষণীয় বস্তুর দু-একটি দানার সংস্পর্শে রাখা হয়। প্রথমে দানা সহ গুটিকাটি নিম্ন বিজারক শিখায় ধরা হয়, ভিতরের অন্ধকার মণ্ডলে ঠাণ্ডা করা হয় এবং গুটিকার রঙ লক্ষ্য করা হয়।

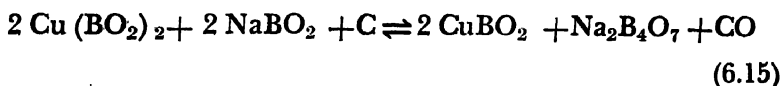
তারপর নিম্ন জারক শিখায় ধরা হয়, বাইরে এনে ঠাণ্ডা করা হয় এবং পুনরায় গুটিকার রঙ লক্ষ্য করা হয়। কপার, ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানীজ, আইরন, কোবাল্ট এবং নিকেল লবণ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ রঙীন গুটিকা তৈরী করে। রঙীন ধাতব বোরেট তৈরী হয় বলে আমরা রঙীন গুটিকা দেখতে পাই। ধাতুর বিভিন্ন জারক অবস্থার জন্য জারক ও বিজারক শিখায় একই ধাতুর ভিন্ন রঙের গুটিকা দেখতে পাই। উদাহরণ হিসাবে কপার লবণের কথা ধরা যাক্। জারক শিখায় কপার লবণের সাথে কিউপ্রিক মেটাবোরেট উৎপন্ন হয়ঃ

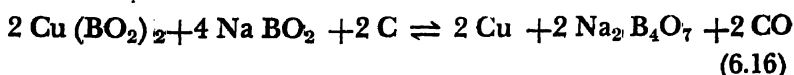
$$Na_2B_4O_7 \rightleftharpoons 2\,NaBO_2 + B_2O_3 \qquad (6.12)$$

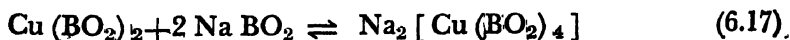
$$CuO + B_2O_3 \rightleftharpoons \underset{\text{কিউপ্রিক মেটাবোরেট (নীল)}}{Cu(BO_2)_2} \qquad (6.13)$$

$$CuO + NaBO_2 \rightleftharpoons \underset{\text{অরথোবোরেট}}{Na\,Cu\,BO_3} \qquad (6.14)$$

বিজারক শিখায় দুরকমের বিক্রিয়া হতে পারেঃ

(*i*) রঙীন কিউপ্রিক বোরেট বিয়োজিত হয়ে বর্ণহীন কিউপ্রাস মেটা-বোরেট উৎপন্ন হয়।

$$2\,Cu(BO_2)_2 + 2\,NaBO_2 + C \rightleftharpoons 2\,CuBO_2 + Na_2B_4O_7 + CO \qquad (6.15)$$

(*ii*) কিউপ্রিক বোরেট বিয়োজিত হয়ে ধাতব কপারে পরিণত হয় এবং গুটিকা অস্বচ্ছ লাল রঙের দেখায়।

$$2\,Cu(BO_2)_2 + 4\,Na\,BO_2 + 2\,C \rightleftharpoons 2\,Cu + 2\,Na_2B_4O_7 + 2\,CO \qquad (6.16)$$

অনেকে মনে করেন ধাতব মেটাবোরেট সোডিয়াম মেটাবোরেটের সাথে সংযুক্ত হয়ে জটিল বোরেট তৈরী করে।

$$Cu(BO_2)_2 + 2\,Na\,BO_2 \rightleftharpoons Na_2[Cu(BO_2)_4] \qquad (6.17)$$

5. **মাইক্রোকস্‌মিক গুটিকা পরীক্ষা** (Microcosmic bead test)—সোহাগার পরিবর্তে মাইক্রোকস্‌মিক লবণ, $Na(NH_4)HPO_4$, $4H_2O$, নিয়ে অনুরূপ গুটিকা পরীক্ষা করা যায়। স্বচ্ছ বর্ণহীন যে গুটিকা পাওয়া যায় তার মধ্যে থাকে সোডিয়াম মেটাফসফেটঃ

$$Na(NH_4)HPO_4 \rightleftharpoons NaPO_3 + NH_3 + H_2O \qquad (6.18)$$

এই সোডিয়াম মেটাফসফেট ধাতব অক্সাইডের সাথে মিলিত হয়ে স্বচ্ছ রঙীন গুটিকা উৎপন্ন করে। সোহাগা গুটিকার মত মাইক্রোকস্মিক গুটিকা ধাতব লবণের একই প্রকার স্বচ্ছ রঙীন গুটিকা উৎপন্ন করেঃ

$$NaPO_3 + CuO \rightleftharpoons NaCuPO_4 \quad (6.19)$$

নীল

সোহাগা গুটিকার থেকে এই গুটিকার রঙ বেশী উজ্জ্বল হওয়ার জন্য অনেকে এই গুটিকা পরীক্ষা বেশী পছন্দ করেন। তবে অ্যাসিডীয় অক্সাইডগুলি বিশেষ করে সিলিকা, SiO_2, এই গুটিকায় দ্রবীভূত হয় না। কোন সিলিকেট নিয়ে উত্তপ্ত করলে সিলিকা বিয়োজিত হয়ে ঐ গুটিকার উপর ভাসতে থাকে অর্থাৎ গলিত অবস্থায় আমরা তথাকথিত সিলিকা কংকাল (skeleton) দেখতে পাই। সিলিকার উপস্থিতি নির্ণয়ে এই বিক্রিয়া পদ্ধতি কাজে লাগানো হয়ঃ

$$CaSiO_3 + NaPO_3 \rightleftharpoons NaCaPO_4 + SiO_2 \quad (6.20)$$

তবে মনে রাখা দরকার যে কিছু সিলিকেট এই গুটিকায় দ্রবীভূত হয়ে যায়। সুতরাং সিলিকা কংকাল না দেখতে পেলেই সিলিকা (সিলিকেট) অনুপস্থিত একথা ঠিক নয়।

6, 2. আর্দ্র বিক্রিয়া (*Wet reactions*)

আঙ্গিক বিশ্লেষণে বেশিরভাগ বিক্রিয়া আর্দ্র অবস্থায় ঘটে অর্থাৎ পরীক্ষণীয় বস্তুর দ্রবণ নিয়ে বিশ্লেষণ করা হয় এবং বিশ্লেষণকালে রঙের পরিবর্তন, অধঃক্ষেপণ, অথবা কোন গ্যাসের নির্গমন লক্ষ্য করা হয়। পরবর্তী অধ্যায়ে এ বিষয়ে বিশদ আলোচনা করা হয়েছে। এখানে শুধু পরীক্ষা পদ্ধতি বিষয়ে প্রয়োজনীয় আলোচনা করা হচ্ছে।

আর্দ্র পরীক্ষাকালে সাধারণতঃ পরীক্ষা-নল (15×2 সে.মি.), বীকার (50, 100, 200 মি.লি.), শংকু কূপী (conical flask) (50, 100 মি.লি.), পর্সেলীন খর্পর (porcelain basin) (50, 100 মি.লি.), ফানেল, পরিমাণ মত লম্বা কাচের সরু দণ্ড ও নল (4 মি.মি. ব্যাস), ইত্যাদি কাচের যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয়। কাচের নল ও দণ্ড ব্যবহার করার পূর্বে অগ্রভাগটি বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করে খোঁচ বিহীন করে নেওয়া হয়। বর্তমানে কাচের জলকূপীর (wash bottle) পরিবর্তে পলিথিনের বোতল ব্যবহার করা হয়।

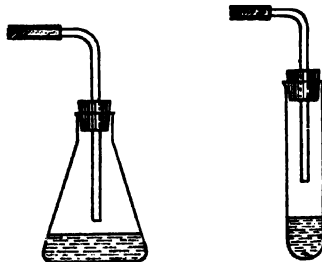
অধঃক্ষেপণ—অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ করার জন্য দ্রবণে কিঞ্চিৎ অধিক বিকারক

দ্রবণ মেশাতে বলা হয়। কতখানি বিকারক দ্রবণ মেশাতে হবে বুঝতে না পারলে প্রথমে প্রমাণ আয়তনের বিকারক দ্রবণ মেশাতে হয়, তারপর ছাঁকন কাগজে ছেঁকে নিয়ে পরিস্রুতের সাথে আরও কয়েক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মিশিয়ে দেখতে হয় আরও অধঃক্ষেপণ হচ্ছে কিনা। যদি অধঃক্ষেপণ হয় তাহলে আরও কিছু পরিমাণ বিকারক দ্রবণ মেশাতে হয়। একবারে প্রয়োজনের খুব বেশী পরিমাণ বিকারক মেশালে জটিল আয়ন উৎপন্ন করে আংশিক অধঃক্ষেপণ হতে পারে। তাছাড়া অযথা বিকারক দ্রব্য নষ্ট করা উচিত নয়।

হাইড্রোজেন সালফাইড সহযোগে অধঃক্ষেপণ—আঙ্গিক বিশ্লেষণে এই প্রক্রিয়ার বিশেষ গুরুত্ব আছে। দুভাবে এই প্রক্রিয়া সমাপন করা হয়ঃ (1) বুদ-বুদ পদ্ধতি (bubling method), (2) চাপ পদ্ধতি (pressure method)।

1. বুদ-বুদ পদ্ধতি—যদিও সচরাচর বুদ-বুদ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়ে থাকে আমরা এই পদ্ধতিকে সমর্থন করব না প্রধানতঃ দুটি কারণে—(ক) অ্যাসিডীয় মাধ্যমে বুদ-বুদ গাত্রে H_2S গ্যাস খুব অল্প মাত্রায় শোষিত হয় এবং বেশীর ভাগ গ্যাস কাজে না লেগে অযথা নষ্ট হয়; (খ) H_2S গ্যাস খুব বিষাক্ত এবং এই নষ্ট গ্যাস আবহাওয়াকে বিষাক্ত করে তোলে।

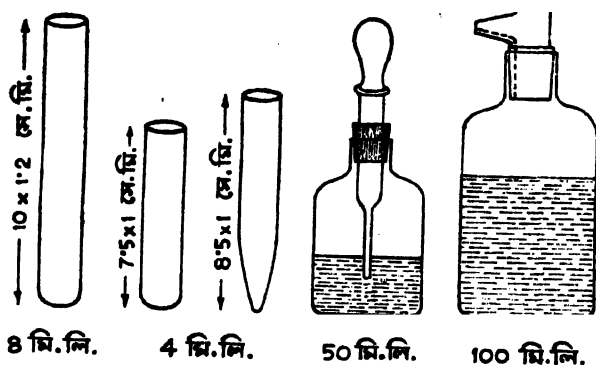
এই পদ্ধতিতে একটি খোলা বীকারে অথবা পরীক্ষানলে পরীক্ষণীয় দ্রবণ নেওয়া হয় এবং তার মধ্য দিয়ে বুদ-বুদ আকারে H_2S গ্যাস চালনা করা হয়।

2. চাপ পদ্ধতি—এই পদ্ধতি সকলেই সমর্থন করেন। বুদ-বুদ পদ্ধতির সাথে এই পদ্ধতির তফাৎ কেবল এই পদ্ধতিতে খোলা বীকারের পরিবর্তে ছিপি দ্বারা বন্ধ শংকুকূপী অথবা পরীক্ষা-নল ব্যবহার করা হয় (6·3 নং চিত্র)। কিছুক্ষণ H_2S গ্যাস চালনা করার পর বুদ-বুদ বন্ধ হয়ে যায়।

6·3 চিত্র

তখন বুঝতে হবে যে দ্রবণটি H_2S গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত হয়েছে এবং অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয়েছে।

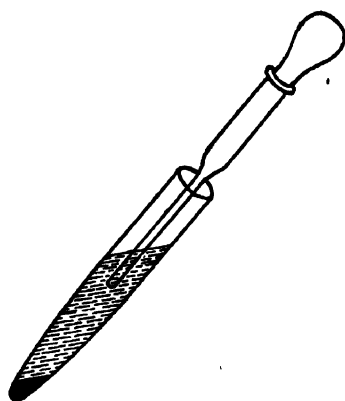
অধঃক্ষেপ ছাঁকন, ধৌতি, স্থানান্তরিতকরণ, শুষ্কীকরণ, ইত্যাদি প্রক্রিয়া মাত্রিক বিশ্লেষণে পরীক্ষা পদ্ধতি বিষয়ে আলোচনা করা হয়েছে (সপ্তম অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

6, 3. উন-পরিমাণ বিশ্লেষণ (*Semimicro Analysis*)

উন-পরিমাণ বিশ্লেষণে পরীক্ষা পদ্ধতি সবই সাধারণ বিশ্লেষণের মতই, কেবলমাত্র দ্রবণ হতে অধঃক্ষেপ পৃথক করার জন্য ছাঁকনের পরিবর্তে সেন্‌ট্রিফিউজ (centrifuge) ব্যবহার করা হয় এবং অল্প মাত্রায় পরীক্ষণীয় দ্রবণ ও বিকারক ব্যবহার করার জন্য ছোট আকারের কাচের যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় (6,4 নং চিত্র); যেমন, পরীক্ষা-নল, 7·5×1 সে.মি. (4 মি.লি.) এবং 10×1·2 সে.মি. (8 মি.লি.); বীকার (5, 10,

6·4 চিত্র

20 মি.লি.); বিকারক বোতল (50, 100 মি.লি.); ইত্যাদি। ছোট পাত্রে সামান্য পরিমাণ দ্রবণ নিয়ে কাজ করতে হলে প্রতিটি পরীক্ষাস্তরে বিশেষ যত্ন নেওয়া ও সাবধান হওয়া প্রয়োজন। প্রয়োজন অনুসারে পদ্ধতির ইতর বিশেষ পরিবর্তন সাপেক্ষ এবং এটা নির্ভর করে ব্যক্তিগত সাধারণ বুদ্ধির উপর। যেমন, বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় উত্তপ্ত করার সময় ছোট দীপ (semimicro burner) ব্যবহার করতে হবে এবং উত্তপ্ত করার সময় পাত্র হতে দ্রবণ যাতে ছিট্‌কিয়ে না পড়ে তার জন্য মাঝে মাঝে দীপ শিখা সরিয়ে নিয়ে আসতে হবে। সবচেয়ে নিরাপদ হচ্ছে অ্যাজবেসটস (asbestos) পাতের পরিবর্তে ছোট জলগাহ (water bath) ব্যবহার করা।

1. সেন্‌ট্রিফিউজ—উন-পরিমাণ বিশ্লেষণে দ্রবণ হতে অধঃক্ষেপ পৃথক করার জন্য ফিলটার কাগজ দ্বারা ছাঁকন প্রণালী অনুসরণ করা হয় না। তার পরিবর্তে সেন্‌ট্রিফিউজ ব্যবহার করে সহজে কম সময়ে পৃথক করা হয়। সাধারণতঃ হাত-সেনট্রিফিউজ (hand centrifuge) ব্যবহার করা হয়। পরীক্ষাকালে অধঃক্ষেপসহ দ্রবণ একটি ছোট সেন্‌ট্রিফিউজ-নলে (7·5×1 সে.মি.) নেওয়া হয় এবং অনুরূপ আর একটি সেন্‌ট্রিফিউজ-নলে ঐ দ্রবণের সমপরিমাণ ওজনে জল নেওয়া হয়। তারপর নল দুটিকে পরস্পর বিপরীত দিকে অবস্থিত ধাতু নির্মিত খোলে (bucket) রাখা হয় এবং কিছুক্ষণ ঘোরানো হয়। ঘোরাবার পর থামলে নলটিকে খোল থেকে বের করে দেখা যায় যে, অধঃক্ষেপ ঐ নলের একদম নীচে থিতিয়ে গেছে। এই প্রক্রিয়াকে বলা হয় **অপকেন্দ্রণ** (centrifugation)। এরপর কৈশিক ড্রপারের (capillary dropper) সাহায্যে উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ সরিয়ে ফেলা হয়। খুব যত্ন সহকারে এটি করতে হয়। বাম হাতে সেন্‌ট্রিফিউজ-নলটি সামান্য কাত করে ধরতে হয়, ডান হাতে থাকে ড্রপারের রাবার বোঁটা (rubber teat)। বোঁটায় চাপ দিলে হাওয়া বের হয়ে আসে, তারপর ধীরে ধীরে ড্রপারের কৈশিক প্রান্তটি দ্রবণের মধ্যে কিছুটা

6·5 চিত্র

ঢুকিয়ে দেওয়া হয় (6·5 নং চিত্র)। ধীরে ধীরে চাপ কম করলে দ্রবণের কিছু অংশ ড্রপারের ভিতর ঢোকে। তখন কৈশিক প্রান্তটি দ্রবণের আরও

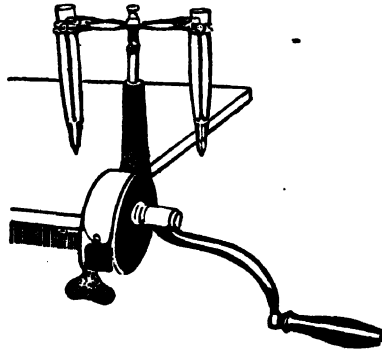
নীচে নিয়ে যাওয়া হয় এবং ধীরে ধীরে চাপ কমিয়ে দ্রবণটি ড্রপারের ভিতর নেওয়া হয়। এই ভাবে খুব যত্ন সহকারে শুধুমাত্র দ্রবণটি সেন্ট্রিফিউজ-নল থেকে সরিয়ে নেওয়া হয়। অধঃক্ষেপ ঐ নলের নীচেই পড়ে থাকে। প্রয়োজন অনুসারে জল অথবা অন্য দ্রাবক দিয়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নেবার পর অধঃক্ষেপ নির্দিষ্ট দ্রাবকে দ্রবীভূত করা হয়, অথবা জল কিংবা অন্য দ্রাবক মিশিয়ে নাড়া দিয়ে অন্য পাত্রে স্থানান্তরিত করা হয়। ছোট নিকেলের চামচ দিয়েও অধঃক্ষেপ স্থানান্তরিত করা হয়।

অপকেন্দ্রণের কতকগুলি সুবিধা আছেঃ (ক) অল্প মাত্রায় অধঃক্ষেপ হলেও সহজে দেখা যায় ও বোঝা যায়, আপেক্ষিক পরিমাণও অনুমান করা যায়।

(খ) সহজে ভালভাবে এবং অল্প সময়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নেওয়া যায়।

(গ) কম সময় লাগে।

(ঘ) গাঢ় অ্যাসিড, ক্ষারক অথবা অন্য ক্ষয়কর (corrosive) দ্রাবকের উপস্থিতিতে সহজে কাজ করা যায়।

রক্ষাকারী ধাতু নির্মিত খোলসহ একটি ছোট দু-নল বিশিষ্ট হাত-সেন্ট্রিফিউজ (6·6 নং চিত্র) যদি ঠিকমত তৈরী করা হয় তাহলে প্রতি

6·6 চিত্র

মিনিটে দুই থেকে তিন হাজার বার ঘুরবে। সেন্ট্রিফিউজের মাথাটা যে মধ্যবর্তী দণ্ডের উপর ভর দিয়ে ঘোরে ঐ দণ্ডের অগ্রভাগে একটি স্ক্রু পেঁচিয়ে রাখা ভাল, তাহলে খোলসহ মাথাটা আর বের হয়ে আসতে পারে না এবং দুর্ঘটনা ঘটবার অবকাশ থাকে না। হাত-সেন্ট্রিফিউজ অল্প ব্যয়ে সন্তোষজনক ফল দেয়।

যখন হাত-সেন্ট্রিফিউজ ব্যবহার করা হবে, তখন নিম্নলিখিত মন্তব্য-গুলি স্মরণ রাখা উচিতঃ

(ক) নল দুটি একই আকারের ও ওজনের হবে।

(খ) পরীক্ষণীয় দ্রবণ দিয়ে নলটি কখনই সম্পূর্ণ ভর্তি করা উচিত নয়; অন্ততঃ এক সেন্টিমিটার যেন খালি থাকে।

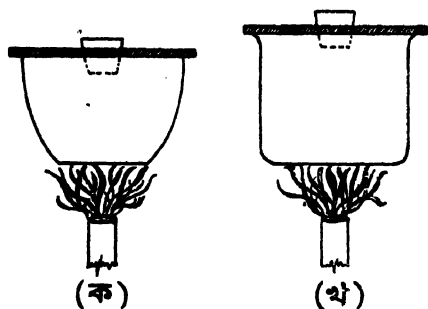
(গ) ঘোরাবার পূর্বে অপর নলটিও দ্রবণের সমপরিমাণ জল দিয়ে ভর্তি করতে হবে।

(ঘ) প্রথমে ধীরে স্বচ্ছন্দভাবে (smoothly) ঘোরান আরম্ভ করতে হয়, তারপর হাতল ঘুরিয়ে সর্বোচ্চ বেগ আনতে হয়। হাতলটি সরিয়ে নিলে বেগ আপনা থেকেই কমে আসে এবং এক সময় একেবারে থেমে যায়। হাত দিয়ে বেগ কমানো উচিত নয়। এতে নলে ও দ্রবণে কাঁপন লাগে, অধঃক্ষেপ আবার নাড়া খেয়ে ছড়িয়ে পড়ে এবং অনেক সময় নলটি ভেঙে যায়।

(ঙ) কানা ভাঙ্গা অথবা ফাটা সেন্ট্রিফিউজ-নল কখনও ব্যবহার করা উচিত নয়।

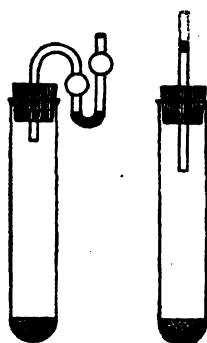
2. **অধঃক্ষেপ ধৌত** (Washing of precipitates)—অধঃক্ষেপের সাথে কিছু পরিমাণ দ্রবণ (অন্যান্য আয়ন) সর্বদাই থেকে যায়, সেজন্য অধঃক্ষেপ ধুয়ে নেওয়া প্রয়োজন, নতুবা দ্রবণে অবস্থিত অন্যান্য আয়নগুলি পরীক্ষা-কার্যে বিঘ্ন ঘটাবে। সাধারণতঃ ধুয়ে নেওয়ার জন্য দ্রাবক হিসাবে জল অথবা লঘু বিকারক সহ জল (সাধারণ আয়ন প্রভাব) অথবা কোন তড়িত বিশ্লেষ্য পদার্থের (যেমন, অ্যামোনিয়াম লবণ) লঘু দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। বিশুদ্ধ জল অনেক সময় কোলয়েডীয় দ্রবণ তৈরী করে (পেপ্টাইজেশন)। কার্যে বিঘ্ন ঘটাবে। সাধারণতঃ ধুয়ে নেওয়ার জন্য দ্রাবক হিসাবে জল অথবা উপযুক্ত দ্রবণ মেশানো হয় এবং প্লাটিনাম তার অথবা সরু কাচদণ্ড দ্বারা নেড়ে দেওয়া হয়। অপর নলে সম পরিমাণ জল ভর্তি করে সমভার করা হয় এবং অপকেন্দ্রণ করা হয়। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ কৈশিক ড্রপার দ্বারা সরিয়ে ফেলে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নেওয়ার কাজ পুনরায় অনুসরণ করা হয়। দু-একবার পুনরাবৃত্তি করলে পরের স্তরে বিঘ্ন ঘটবার আশংকা থাকে না।

3. **দ্রবণ উত্তাপন**—সূক্ষ্ম বিশ্লেষণে দ্রবণ উত্তপ্ত করার জন্য অল্প তাপের প্রয়োজন হয়। সেজন্য সাধারণতঃ ছোট জলগাহ ব্যবহার করা হয়। যেখানে কম সময়ে বাষ্পীভবন প্রয়োজন, কেবলমাত্র সেখানেই উন্মুক্ত শিখায় উত্তপ্ত করা হয়। এখানে স্ফুটন-নল (boiling tube) ব্যবহার করা হয়। যদি বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় শুষ্ক করার প্রয়োজন হয় তাহলে মুচি (crucible)

(5—10 মি.লি.) ব্যবহার করা যেতে পারে। মুচিকে উত্তপ্ত করার জন্য সরাসরি ছোট দীপ শিখা ব্যবহার করা যায় অথবা বায়ুগাহের (air bath) সাহায্য নিতে হয়। দীপশিখা দ্বারা সরাসরি উত্তপ্ত করতে হলে অভ্যস্থ হাতের প্রয়োজন। বায়ুগাহ তৈরীর জন্য একটা 30 মি.লি. নিকেল মুচি অথবা 50 মি.লি. পাইরেক্স বীকার নেওয়া হয়। তার উপর নাইক্রোম অথবা সিলিকা ত্রিকোণ (triangle) রাখা হয়। ঐ ত্রিকোণের উপর দ্রবণসহ মুচি বসিয়ে নীচের নিকেল মুচি অথবা বীকারকে ছোট দীপশিখা দ্বারা উত্তপ্ত করা হয় (6.7 নং চিত্র)। বাষ্পীভবনের সময় ক্ষয়কারী গ্যাস নির্গত

6·7 চিত্র

হলে ধূম-প্রকোষ্ঠে (fume cupboard) এই প্রক্রিয়াটুকু সমাধান করতে হয়।

4. গ্যাস সমূহের সনাক্তিকরণ (Identification of gases)—বহু অ্যানায়ন আছে (যেমন, কার্বনেট, সালফাইড, সালফাইট, থায়োসালফেট এবং হাইপোক্লোরাইট) যাদের উপযুক্ত বিকারকের সাথে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে যায় এবং উদ্বায়ী গ্যাস নির্গত হয়। তাদের সনাক্তিকরণের জন্য উপযুক্ত যন্ত্রপাতির ছবি দেওয়া হল (6.8 নং চিত্র)।

একটি ভেলভেট ছিপি ফুটো করে একটি 4 সে.মি. লম্বা সরু কাচের নল তার মধ্যে প্রবেশ করিয়ে দেওয়া হয়। একটি সরু ছাঁকন কাগজের ফালি (strip) প্রয়োজনীয় বিকারক দ্রবণে সিক্ত করে ঐ কাচ নল মধ্যে ঝুলিয়ে রাখা হয়। তারপর ছিপিটি পরীক্ষানলে এ'টে দেওয়া হয়। প্রয়োজন হলে কিছু কাচের পশম (glass wool) অথবা তুলার আঁশ সরু নলের নিম্ন প্রান্তে রাখা হয় যাতে পরীক্ষানলের তরল পদার্থ সরু নলের বিকারক সিক্ত কাগজের সংস্পর্শে না আসে। সিক্ত কাগজের পরিবর্তে যদি তরল বিকারক দ্রবণ ব্যবহার করতে হয় তাহলে শোষণ পিপেটের

6·8 চিত্র

(absorption pipette) ন্যায় বাঁকানলের প্রয়োজন হয়। বাঁকানলটি ছিপি দ্বারা পরীক্ষানলের সাথে যুক্ত হয়। দু-তিন ফোঁটা তরল বিকারক ঐ বাঁকানলে নিলেই কাজ হয়। SO_2 গ্যাস সনাক্তিকরণের সময় অ্যাসিডীয় $K_2Cr_2O_7$ সিক্ত কাগজ সবুজ হয়ে যায়।

5. **স্পট প্লেট** (Spot plate)—পর্সেলীন অথবা উজ্জ্বল সাদা কাচের তৈরী স্পটপ্লেট বাজারে পাওয়া যায়। এই স্পটপ্লেটে অনেকগুলি গোলাকার ছোট ছোট গর্ত থাকে। ঐ গর্তে দ্রবণ ও বিকারক মিশিয়ে পরীক্ষা করা হয়। সাধারণতঃ দৃঢ়তররূপে প্রতিপন্ন করার জন্য স্পটপ্লেটে পরীক্ষাকার্য সমাধান করা হয়।

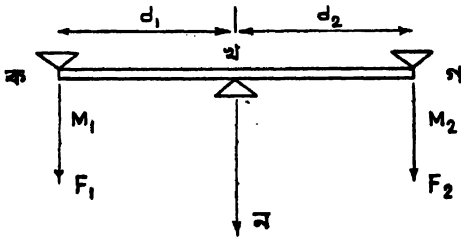
6. **বিন্দু বিক্রিয়া কাগজ** (Spot test paper)—নরম, বিশুদ্ধ এবং বহু-ছিদ্রযুক্ত কাগজ হলে ভাল হয়। Whatman No. 120 অথবা অনুরূপ ছাঁকন কাগজ সাধারণতঃ ব্যবহার করা হয়। কাগজটি বহু ছিদ্রযুক্ত হওয়ার জন্য রঙীন অধঃক্ষেপ বেশী ছড়িয়ে পড়তে পারে না, অল্প স্থানে গাঢ় রঙীন বিন্দু তৈরী হয়।

সপ্তম অধ্যায়

অজৈব রসায়নের মাত্রিক বিশ্লেষণে পরীক্ষা পদ্ধতি

(Experimental Technique of Quantitative Analysis)

7, 1. বৈশ্লেষিক তুলা (*The analytical balance*)—বৈশ্লেষিক রসায়নবিদ্‌গণের কাছে এটি একটি অত্যাবশ্যক যন্ত্র। সুতরাং এই যন্ত্রের গঠন, প্রয়োজনীয় ব্যবহার ও যত্নের বিষয় সম্বন্ধে প্রত্যেক রসায়ন ছাত্রের সম্যক অবহিত হওয়া প্রয়োজন। বাজারে নানা ধরনের তুলা পাওয়া যায়, এবং তাদের মধ্যে পার্থক্য হচ্ছে গঠনের ও সুবেদিতার (Sensitivity)। বৈশ্লেষিক তুলায় সর্বোচ্চ 200 গ্রাম ও সর্বনিম্ন 1 মিলি গ্রাম সাধারণতঃ মাপা যায়।

তুলা বলতে আমরা বুঝি একটি দৃঢ়ভাবে গঠিত অত্যন্ত হাল্‌কা সমভূমিক দণ্ড (lever) ক খ গ যার ঠিক মধ্য স্থল, খ, প্রিজম আকারের একটি ক্ষুর-ধারের (knife edge) উপর স্থাপিত। ঐ কেন্দ্রীয় ক্ষুরধার হতে সমদূরে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্তে ক, গ, প্রিজম আকারের ক্ষুরধারের উপর দুটি তুলা-পাত্র (scale-pan) ঝুলন্ত অবস্থায় থাকে।

7·1 চিত্র

মনে কর বামদিকের তুলা-পাত্রে M_1 ভরের বস্তু রাখা হল; তখন নির্দেশক (pointer), ন, ডানদিকে সরে যাবে। নির্দেশককে নির্দিষ্ট জায়গায় আনতে হলে ডানদিকের তুলাপাত্রে সমভরের বাটখারা M_2 (bodies of known mass) চাপাতে হবে।

সাম্যাবস্থায় আমরা জানি

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \qquad (6.21)$$

এখানে F_1 = 'ক' বিন্দুতে বল (force)

F_2 = 'গ' বিন্দুতে বল

d_1 = কখ দূরত্ব

d_2 = খগ দূরত্ব

যেহেতু 'খ' হচ্ছে কখগ রেখার মধ্য বিন্দু

অতএব $d_1 = d_2$ এবং $F_1 = F_2$

কিন্তু আমরা জানি মাধ্যাকর্ষণ সূত্র অনুযায়ী

$$F_1 = M_1g \tag{6.22}$$

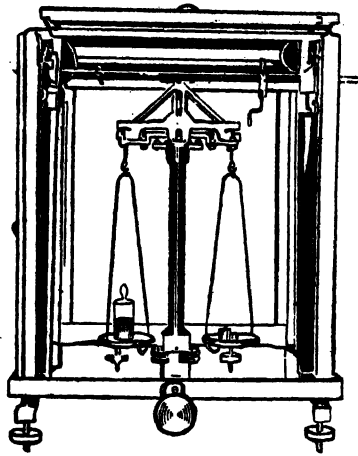
এবং
$$F_2 = M_2g \tag{6.23}$$

এখানে g = মাধ্যাকর্ষণ জনিত ত্বরণ

সত্যিকথা বলতে কি F_1 এবং F_2 হচ্ছে দুই তুলাপাত্রে পরম ওজন (true weights)। কিন্তু

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{M_1g}{M_2g} = \frac{M_1}{M_2} \tag{6.24}$$

অর্থাৎ যে কোন জায়গায় ওজন হচ্ছে ভরের (mass) সমানুপাতিক এবং কোন বস্তুর ভর g-র উপর নির্ভরশীল নয়। বৈশ্লেষিক রসায়নে আমরা কোন পদার্থের অথবা বস্তুর ভর নির্ণয় করি, ওজন নির্ণয় করি না।

7, 2. একটি বৈশ্লেষিক তুলার সংক্ষিপ্ত বিবরণ—একটি আধুনিক বৈশ্লেষিক তুলার ছবি পর পৃষ্ঠায় দেওয়া হল (7,2 নং চিত্র)। একটি দৃঢ়ভাবে গঠিত অত্যন্ত হাল্‌কা সমভূমিক দণ্ডের মধ্যস্থল অকীকে (agate) গঠিত প্রিজম আকারের একটি ক্ষুরধারের উপর থেকে তার ভারসাম্য বজায় রাখে। তুলা যখন ক্রিয়াশীল হয় তখন ক্ষুরধার আবার কেন্দ্রীয় থামের উপর একটি অকীক-ফলকে থাকে। কেন্দ্রীয় ক্ষুরধার হতে সমদূরত্বে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্তে আরও দুটি অকীকে তৈরী প্রান্তিক ক্ষুরধার থাকে। এই প্রান্তিক ক্ষুরধার দুটি রেকাবের সাহায্যে দুটি তুলাপাত্র ধরে রাখে। রেকাবটি একটি অকীক-ফলকের মাধ্যমে প্রান্তিক ক্ষুরধারের উপর ঝুলে থাকে। একটি লম্বা সূচাকার নির্দেশক তুলাদণ্ডের মধ্যস্থলে নীচের দিকে উল্লম্বভাবে (vertical) সংলগ্ন থাকে। তুলা ব্যবহার করবার সময় নির্দেশকের সূচাগ্র ভাগটি থামের (pillar) পাদদেশে অনুভূমিক (horizontal) ভাবে স্থাপিত একটি ক্ষুদ্র মাপনীর (scale) উপর দুলতে থাকে এবং তুলাদণ্ডের সমভূমিক অবস্থান হতে বিচ্যুতির পরিমাণ নির্দেশ করে। সমতলকারী তিনটি স্ক্রুর সাহায্যে তুলাকে সমভূমিক করা হয়। সমভূমিক হয়েছে কিনা দেখা হয় থামের পাশে ঝুলান একটি

7·2 চিত্র

ওলনদাঁড়ির সাহায্যে অথবা থামের তল সংলগ্ন একটি স্পিরিট লেভেলের সাহায্যে। আমাদের দেশে কলেজের পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ দুই ধরনের বৈশ্লেষিক তুলা ব্যবহার করা হয়ে থাকে—(1) Bunge (বুঙ্গে) এবং (2) Sartorius (সারটোরিয়াস)।

বুঙ্গে তুলার সমগ্র তুলাদণ্ড 100টি সমভাগে বিভক্ত এবং 5 মি.গ্রা. আরোহীর (rider) সাহায্যে 10 মিলি গ্রামের কম ওজন মাপা হয়। আরোহীকে শূন্য চিহ্নে রাখার প্রয়োজন হয় না। আরোহী বলতে সাধারণতঃ প্লাটিনাম অথবা গোল্ড ধাতু নির্মিত নির্দিষ্ট ওজনের ছোট তার খণ্ডকে বোঝায়। তুলাদণ্ডের ঠিক উপরে অথবা পাশে খাটান একটি সরু ধাতবদণ্ড থাকে। এই ধাতবদণ্ডকে বাহক (carrier) বলে। বাহকের সাহায্যে আরোহীকে তুলাদণ্ডের যে কোন চিহ্নিত অংশের উপর রাখা যায়। তুলার ভারকেন্দ্র (centre of gravity) সরিয়ে সুবেদিতা (sensitivity) ঠিক করার জন্য উৎকৃষ্ট ধরনের তুলায় নির্দেশকের সাথে একটি ছোট ওজন সংযুক্ত থাকে। তুলাদণ্ডের দুই প্রান্তে দুটি নিয়ন্ত্রণকারী স্ক্রু থাকে। এই স্ক্রুর সাহায্যে নির্দেশককে মাপনীর কেন্দ্র বিন্দুতে নিয়ে আসা হয় এবং তুলাদণ্ডকে অনুভূমিক করা হয়।

পরীক্ষাগারে অধিকাংশ সময় কোন বস্তুর পরম ভর (true mass) মাপা হয় দুটি ওজনের তুলনা করে, সরাসরি ভর মাপার প্রয়োজন হয় না। যে সব ক্ষেত্রে ওজন কার্য আরম্ভ করার পূর্বে তুলাদণ্ডকে অত্যন্ত সঠিকভাবে অনুভূমিক করার প্রয়োজন হয় না, কারণ বিয়োগ করার সময় একই ভ্রম নাকচ হয়ে যায়।

কোন বস্তু অথবা ওজন (বাটখারা) তুলাপাত্রে রাখবার সময় অথবা তুলাপাত্র হতে সরাবার সময় তুলাদণ্ডকে রোধকের উপর রেখে প্রথমে গতিহীন করা উচিত, নতুবা ক্ষুরধারগুলি কম সময়ে নষ্ট হয়ে যায় এবং তুলার সুবেদিতা শীঘ্র কমে যায়। তুলার সম্মুখদিকে খাটান বড় স্ক্রুর সাহায্যে এই রোধকগুলি উল্লম্বভাবে নড়ান হয়। যখন তুলা ক্রিয়াশীল নয়, তখন তুলাদণ্ড ও তুলাপাত্র তাদের নিজ নিজ রোধকের উপর স্থির থাকে এবং অকীকের ক্ষুরধার ফলক হতে সামান্য বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। কিন্তু তুলা ব্যবহার করার সময় স্ক্রু ঘুরিয়ে রোধকগুলি নীচে নামিয়ে ফেলা হয় এবং তখন তুলাদণ্ড ও তুলাপাত্র বিনা বাধায় ক্ষুরধারের উপর দুলতে থাকে।

নিম্নলিখিত শর্তাবলী পূরণ করলে তুলাকে বিশ্লেষণের কাজে লাগানো যাবেঃ

(ক) তুলা নিখুঁত হবে এবং একই বস্তু বারংবার ওজন করলে মান একই থাকবে।

(খ) তুলা অবশ্যই স্থায়ী হবে অর্থাৎ দোলনের পর তুলাদণ্ড অবশ্যই অনুভূমিক অবস্থায় ফিরে আসবে।

(গ) তুলা সুবেদী হবে অর্থাৎ 0·1 মি.গ্রা. বস্তুর ওজনের পার্থক্য নির্দেশ করবে।

7, 3. রাসায়নিক তুলার সুবেদিতা *(Sensitivity of the chemical balance)*—মনে কর, তুলা পাত্রে সামান্য বেশী ভার, w, রাখা হল, এবং তার ফলে তুলাদণ্ডটি সাম্যাবস্থা থেকে α কোণে বিচ্যুত হল; তাহলে তুলার সুবেদিতা হবে $\frac{\tan \alpha}{w}$ । সামান্য বেশী ভার (সাধারণতঃ 1 মি.গ্রা.) চাপালে খুব ছোট কোণ তৈরী করে। সেজন্য ব্যবহারিক ক্ষেত্রে সুবেদিতা বলতে বোঝায় তুলা পাত্রে 1 মি.গ্রা. চাপালে নির্দেশক সাম্যাবস্থা থেকে মাপনীর কত ঘর সরে গেল।

তুলার সুবেদিতা তুলাদণ্ডের দৈর্ঘ্যের (d) সমানুপাতিক, তুলাদণ্ডের ওজনের (W) ব্যস্তানুপাতিক তুলাদণ্ডের অবলম্বন বিন্দু (point of support) হতে ভারকেন্দ্র পর্যন্ত দৈর্ঘ্যের (h) ব্যস্তানুপাতিক। তাহলে লেখা যেতে পারে

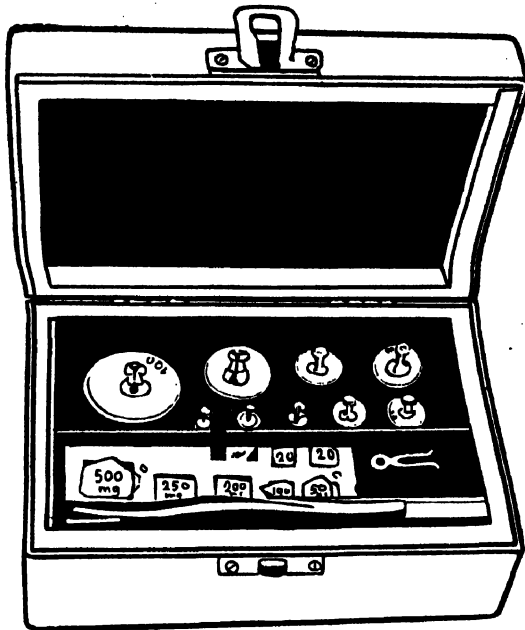
$$\frac{\tan \alpha}{w} = \frac{d}{Wh} \qquad (6.25)$$

তুলার সুবেদিতা ভার বৃদ্ধির সাথে অল্প মাত্রায় কমতে থাকে।

7, 4. ওজন (*Weights*)—যখন আমরা তুলার সাহায্যে কোন বস্তুর ভর বা ওজন ঠিক করি তখন কতকগুলি প্রমাণ ভরের (mass) বস্তুর প্রয়োজন হয়। এই প্রমাণ ভরের বস্তুগুলিকে বলা হয় **ওজন** অথবা **বাটখারা**। বিজ্ঞান বিষয়ে কাজের সমতা রাখার জন্য আন্তর্জাতিক মেট্রিক পদ্ধতিতে (International Metric System) ওজন এবং পরিমাপ করা হয়। প্রমাণ ওজনের মূল ভিত্তি হচ্ছে আন্তর্জাতিক কিলোগ্রামের আদিরূপ। 4° সে. উষ্ণতায় 1000 গ্রাম বিশুদ্ধ জলের সমান ওজনের প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম সংকর ধাতুর ভরকে (mass) 1887 খৃষ্টাব্দে প্যারিসে আন্তর্জাতিক ওজন ও পরিমাপ সংস্থা (International Bureau of Weights and Measures) আন্তর্জাতিক কিলোগ্রামের আদিরূপ হিসাবে গ্রহণ করেন। আমাদের দেশে National Physical Laboratory (N.P.L), Delhi-তে প্রমাণ ওজন যাচাই (calibrate) করা হয়।

আন্তর্জাতিক কিলোগ্রামের সহস্র ভাগের এক ভাগকে **এক গ্রাম** (gram) বলা হয় এবং বস্তুর ভরের একক (unit) হিসাবে গণ্য করা হয়। অনুরূপভাবে ভাগ করে অথবা গুণ করে মেট্রিক পদ্ধতিতে অন্যান্য প্রমাণ ওজন (বাটখারা) ঠিক করা হয়েছে।

একটি সাধারণ ওজন বাক্সে (7,3. নং চিত্র) নিম্নোক্ত এক প্রস্থ ওজন (বাটখারা) থাকেঃ গ্রামে ব্যক্ত—100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2, 1, এবং মিলি গ্রামে ব্যক্ত—500, 200, 200, 100, 50, 20, 20, 10 এবং একটি অথবা দুটি আরোহী (rider)। 1 গ্রাম হতে 100 গ্রাম ওজনগুলি (অল্প দামের) নির্দাগ ইস্পাত অথবা নিকেল-ক্রোমিয়াম সংকর ধাতু দ্বারা সাধারণতঃ তৈরী হয়। আংশিক ওজনগুলি অর্থাৎ 1 গ্রাম হতে কম ওজনগুলি প্লাটিনাম, প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম, গোল্ড, ইত্যাদি ধাতু অথবা সংকর ধাতু দ্বারা তৈরী হয়। এই ওজনগুলি কখনও হাত দিয়ে স্পর্শ করা উচিত নয়, ওজন বাক্সে প্রদত্ত চিমটার (forcep) সাহায্যে স্থানান্তরিত করতে হয়।

7, 5. দোলন পদ্ধতিতে ওজনকরণ (*Weighing by the method of swings*)—কোন বস্তু তুলায় ওজন করার পূর্বে তুলাদণ্ড সমভূমিক আছে কিনা দেখতে হয়। সামনের স্ক্রু ঘুরিয়ে তুলাদণ্ড ও তুলাপাত্রকে রোধকমুক্ত করে নির্দেশকের সূচাগ্রভাগে লক্ষ্য রাখতে হয়। নির্দেশক যদি মাপনীর শূন্য দাগ হতে উভয়দিকে সমসংখ্যক দাগ পর্যন্ত দুলতে থাকে, তাহলে তুলাদণ্ড সমভূমিক আছে ধরা হয়। যদি তা না হয়, তাহলে নিয়ন্ত্রণকারী স্ক্রুর সাহায্যে তা করা হয়। আগেই বলেছি—পার্থক্য

7·3 চিত্র

পদ্ধতিতে ওজন করা হলে তুলাদণ্ডকে অত্যন্ত সঠিক ভাবে সমভূমিক করার জন্য সচেষ্ট হবার প্রয়োজন নেই। তারপর তুলাকে রোধকের সাহায্যে বিরাম অবস্থায় রেখে বাম দিকের তুলা পাত্রে (কেন্দ্রস্থানে) ওজন করবার বস্তুকে রাখা হয় এবং ডান দিকে তুলা পাত্রে (কেন্দ্রস্থানে) ওজন-গুলি রীতিবদ্ধ (systematic) অনুসারে চাপান হয়। তুলাপাত্রে আরও ওজন চাপাবার বা নামাবার পূর্বে তুলাদণ্ড ও তুলাপাত্র রোধকহীন করে দেখা হয়। প্রথমে বস্তুর থেকে সামান্য বেশী ভরের ওজন ওজন-বাক্স থেকে চিমটার সাহায্যে নিয়ে ডানদিকের তুলাপাত্রে রাখা হয়। তারপর তুলার রোধক সাবধানে অল্প একটু মুক্ত করে দেখা হয় নির্দেশক কোন দিকে যাচ্ছে। যদি ওজন বস্তুর থেকে ভারী হয় তাহলে ঐ ওজনকে সরিয়ে তার পরবর্তী কম ওজন ডানদিকের তুলাপাত্রে রাখা হয়, কিন্তু যদি ওজন বস্তুর থেকে সামান্য হাল্‌কা হয়, তাহলে ঐ ওজন তুলাপাত্রে থাকে এবং তার থেকে পরবর্তী হাল্‌কা ওজন আরও চাপানো হয়। এইভাবে রীতিবদ্ধ প্রণালীতে ক্রমান্বয়ে গ্রাম ওজন ও মিলি গ্রাম ওজন ডানদিকের তুলাপাত্রে প্রয়োজন অনুসারে চাপানো অথবা নামনো হয়। সবচেয়ে হাল্‌কা ওজন 10 মি.গ্রা. পর্যন্ত ব্যবহার করা হয়। তারপরেও

হাল্‌কা ওজন প্রয়োজন হলে আরোহীর সাহায্য নিতে হয়। তুলাদণ্ডে অংকিত মাপনীর দাগগুলির উপর ক্রমানুসারে আরোহীকে রেখে এবং তুলা রোধক-মুক্ত করে বারংবার চেষ্টার দ্বারা মাপনীর ঈপ্সিত দাগটি খুঁজে বের করতে হয়, সেখানে আরোহীকে রাখলে নির্দেশকের নিম্নপ্রান্ত শূন্য চিহ্নের উভয়দিকে সমসংখ্যক দাগ পর্যন্ত বাধাহীনভাবে দোলে।

এই ভাবে ওজনকার্য সমাধা হলে তুলাকে বিরাম অবস্থায় রেখে ডান-দিকের তুলাপাত্রে চাপানো ওজনগুলির মান ও আরোহীর অবস্থান খাতায় লিখতে হয়। অরোহীর অবস্থান থেকে তুলা অনুসারে আরোহীর মান বের করা হয়। যেমন, বুঙ্গে তুলায় আরোহী যদি পঞ্চাশতম দাগের উপর থাকে তাহলে আরোহীর মান হবে $50 \times 0 \cdot 0001$ অথবা $0 \cdot 0050$ গ্রাম। অন্যভাবে বলা যায়, বুঙ্গে তুলায় দাগ সংখ্যাকে $0 \cdot 0001$ দ্বারা গুণ করলে আরোহীর মান পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে সারটোরিয়াস তুলায় দাগ সংখ্যাকে $0 \cdot 0002$ দ্বারা গুণ করলে আরোহীর মান গ্রাম এককে পাওয়া যায়।

মাত্রিক বিশ্লেষণে বিকারক দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য সাধারণতঃ চূর্ণ পদার্থ তোলন-বোতলের (weighing bottle) মধ্যে নিয়ে ওজন করা হয়। তোলন-বোতল হল ঘসা কাচের ছিপি সহ পাতলা দেওয়ালের একটি ছোট কাচের বোতল। প্রথমে বিকারকচূর্ণ দ্বারা প্রায় অর্ধপূর্ণ তোলন-বোতল সঠিকভাবে ওজন করা হয়; তারপর ঈপ্সিত পরিমাণ বিকারকচূর্ণ কোন উপযোগী পাত্রে (ফানেল সজ্জিত মাপক কূপী) অপসারিত করা হয় এবং পুনরায় অবশিষ্ট চূর্ণ সহ তোলন-বোতল সঠিকভাবে ওজন করা হয়। প্রথম ওজন ও দ্বিতীয় ওজনের পার্থক্য থেকে জানা যায় ঠিক কত পরিমাণ বিকারক চূর্ণ পাত্রে নেওয়া হয়েছে।

7, 6. ওজন কার্যে ভ্রম (*Errors in weighing*)—নিম্নলিখিত কারণে ভ্রম হয়ে থাকেঃ

(1) একই বস্তু বারংবার ওজন করার সময় বস্তু অথবা পাত্রের অবস্থার পরিবর্তন ঘটলে,

(2) তুলাদণ্ডের দৈর্ঘ্য কেন্দ্রীয় ক্ষুরধারের দুই পাশে সমান না হলে,

(3) ওজনগুলির এবং বস্তুর বাতাসে ভেসে থাকার ক্ষমতা অর্থাৎ বায়ুর প্লবতা (buoyancy of the air) জনিত ফলে,

প্লবতা (buoyancy of the air) জনিত কারণে, এবং

(4) ওজনগুলি ত্রুটিপূর্ণ হলে।

7, 7. তুলার যত্ন ও ব্যবহার—(ক) ধূলিকণা ও আর্দ্রতার হাত হতে তুলাকে

রক্ষা করার জন্য এবং বায়ু প্রভাবে ওজন করবার অসুবিধা দূর করার জন্য প্রতিতুলিত (counterpoised) ও সহজে ওঠানো নামানো যায় এরূপ কাচের শার্সিযুক্ত আধারে তুলা রাখা হয়।

(খ) যথা সম্ভব যান্ত্রিক কম্পনমুক্ত সুগঠিত তাকের উপর তুলা রাখা উচিত।

(গ) ক্রিয়াহীন অবস্থায় তুলাদণ্ড ও তুলাপাত্র রোধকের উপর স্থির থাকবে এবং আধারের শার্সিগুলি বন্ধ থাকবে। সম্পূর্ণ আধারটি পলিথিনের ঢাকনা দ্বারা আবদ্ধ রাখা উচিত।

(ঘ) কোন বস্তু উত্তপ্ত করার পর ওজন করতে হলে বস্তুটিকে প্রথমে তুলার উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করতে হয়, তারপর ওজন করতে হয়। সাধারণতঃ উত্তপ্ত করার পর শোষকাধারে (desiccator) বস্তুটিকে রেখে 30 থেকে 40 মিনিট অপেক্ষা করলেই উদ্দেশ্য সিদ্ধ হয়।

(ঙ) কোন রাসায়নিক বস্তু তুলা পাত্রে সরাসরি নেওয়া উচিত নয়। হয় তোলন-বোতল, অথবা ছোট বীকার, অথবা অন্য কোন পাত্রে নিয়ে ওজন করতে হয়। তরল, উদ্বায়ী এবং জলাকর্ষী পদার্থ ছিপিযুক্ত তোলন-বোতলে নিয়ে ওজন করা উচিত।

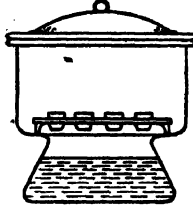
(চ) ওজন কার্য সমাধা হলে পর কোন বস্তু অথবা ওজন তুলাপাত্রে ফেলে রাখা উচিত নয়।

7, 8. **অন্যান্য ধরনের বৈশ্লেষিক তুলা**—পূর্ববর্ণিত তুলা ছাড়াও পরীক্ষাগারে অন্যান্য ধরনের তুলা সাধারণ ও সূক্ষ্ম কাজের জন্য ব্যবহার হয়ে থাকে। তাদের মধ্যে দু-একটি কথা এখানে উল্লেখ করা হচ্ছেঃ

(ক) **দোলনহীন তুলা** (Aperiodic balance)—দোলনযুক্ত তুলায় ওজন করতে সাধারণতঃ সময় বেশী লাগে। অল্প সময়ে অনেকগুলি ওজন করা যায় দোলনহীন তুলায়। দোলনহীন তুলায় বায়ু স্থানান্তরিত করণের সাহায্যে অল্প সময়ের মধ্যে (প্রায় 10—15 সেকেণ্ড) তুলাদণ্ডের দোলন বন্ধ করা হয় (air-damping), কিন্তু তুলা ক্রিয়াশীল থাকে। তুলার সুবেদিতা এতে কমে যায় না।

(খ) **এক-পাত্রযুক্ত তুলা** (Single pan balance)—সাধারণ দুই পাত্রযুক্ত তুলার মতই কাজ করে, কেবল ওজনগুলি হাতল-নিয়ন্ত্রিত (knob controlled) এবং ভিতরে থাকে। এগুলি তড়িত-পরিচালিত হয় এবং সম্মুখে আলোকিত মাপনীর (scale) সাহায্যে ওজনের মান লিপিবদ্ধ করা হয়।

7, 9. সাধারণ যন্ত্রপাতি

(ক) শোষকাধার (Desiccator)—শুষ্ক আবহাওয়ায় কোন বস্তু অনেক দিন রাখার জন্য ঢাকনা সহ কাচের পাত্র। একটি সাধারণ শোষকাধারের ছবি দেওয়া হল (7,4. নং চিত্র)। শুষ্কীকরণের জন্য শোষকধারের নীচের অংশে নিরুদনকারী (dehydrating agent) বস্তু, যেমন অনার্দ্র ক্যাল-সিয়াম ক্লোরাইড, সিলিকা জেল, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, ইত্যাদি রাখা

7.4 চিত্র

হয়। উপরের ও নীচের অংশের সংযোগস্থলে একটি তারজালি রেখে ছিদ্র-যুক্ত ও মুচি রাখবার ব্যবস্থা সম্পন্ন পর্সেলীনের তাক রাখা হয়। কোন আর্দ্র বস্তু অনার্দ্র করার জন্য অথবা শুষ্ক আবহাওয়ায় ঠাণ্ডা করার জন্য ঐ তাকের উপর কোন খোলা পাত্রে রাখা হয়। মনে রাখতে হবে, কোন বস্তুর জলীয় বাষ্প চাপ (vapour pressure) যদি নিরুদনকারী বস্তুর জলীয় বাষ্প চাপ অপেক্ষা কম হয় তাহলে ঐ বস্তুকে উক্ত নিরুদনকারীর সাহায্যে শোষকাধারে শুষ্ক করা সম্ভব হবে না।

তৌলিক বিশ্লেষণে মুচি (crucible) ঠাণ্ডা করার জন্য শোষকাধার ব্যবহার করা হয়। উত্তপ্ত লাল মুচিকে প্রথমে এক মিনিট কাল বাইরে রেখে ঠাণ্ডা করা হয়, তারপর শোষকাধারের ঢাকনা সরিয়ে মুচিকে পর্সে-লীনের তাকে রাখা হয়। 5—10 সেকেণ্ড পরে শোষকাধারের ঢাকনা বন্ধ করে দেওয়া হয়। শোষকাধারে অবস্থিত বায়ু উত্তপ্ত হয়ে যাতে বর্ধিত হতে পারে, তারজন্য 5—10 সেকেণ্ড অপেক্ষা করা হয়। নতুবা যতশীঘ্র সম্ভব শোষকাধারের ঢাকনা বন্ধ করা উচিত। অধিকক্ষণ খোলা অবস্থায় থাকলে বাইরের আর্দ্রবায়ু শোষকাধারে ঢুকে যাবে এবং নিরুদনকারী বস্তুর কার্য-ক্ষমতা অল্প সময়ে শেষ হয়ে গিয়ে কাজের ক্ষতি করবে। সাধারণতঃ 30 থেকে 40 মিনিটকাল শোষকাধারে থাকলে পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় এসে যায়। মুচি শোষকাধার থেকে বের করবার সময় শোষকাধারের ঢাকনা যত্ন-সহকারে ধীরে ধীরে সরাতে হয়, নতুবা আংশিক বায়ুশূন্য শোষকাধারের হঠাৎ হাওয়া ঢুকে মুচিতে রাখা বস্তু ফেলে দিতে পারে।

(খ) বায়ুশূন্য শোষকাধার (Vacuum desiccator)—সাধারণ শোষকাধারের মতই, তবে ঢাকনার সাথে রোধকসহ একটি কাচের নল লাগানো থাকে। তড়িত-চালিত পাম্পের সাহায্যে ঐ নলের মধ্য দিয়ে শোষকাধারের ভিতরের বায়ু বের করে নেওয়া হয়। অল্প সময়ে শুষ্কীকরণের জন্য অথবা উদ্বায়ী জৈবদ্রাবক সরিয়ে ফেলার জন্য বায়ুশূন্য শোষকাধার ব্যবহার করা হয়।

(গ) কাচের সাধারণ পাত্র (Glass vessels)—মাত্রিক বিশ্লেষণে পাইরেক্স (pyrex) কাচের পাত্র (বীকার, শংকুকূপী, ইত্যাদি) ব্যবহার করলে ভাল হয়। বিকারকের আক্রমণ, যান্ত্রিক আঘাত ও তাপের পরিবর্তন জনিত ক্ষয়-ক্ষতির সম্ভাবনা পাইরেক্স কাচের পাত্র ব্যবহার করলে কম থাকে। ইদানীং পাইরেক্স কাচের পাত্র দুর্মূল্য ও দুষ্প্রাপ্য হওয়ায় করনিং (corning) কাচের পাত্র বহুল ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

বীকার—250, 400 ও 500 মি.লি. আয়তনের ব্যবহার করা হয়। চঞ্চুযুক্ত (spout) বীকার ব্যবহার করা উচিত।

শংকুকূপী (conical flask)—250 ও 500 মি.লি. আয়তনের ব্যবহার করা হয়।

ফানেল—60° কোনযুক্ত হওয়া বাঞ্ছনীয়। মাত্রিক বিশ্লেষণে 5·5, 7 এবং 9 সে.মি. ব্যাসযুক্ত ফানেল ব্যবহার করা হয়ে থাকে। ব্যুরেট ভর্তি করার জন্য এবং মাপক কূপীতে (measuring flask) বিকারক স্থানান্তরিত করার জন্য ছোট দণ্ডের ফানেল বেশী উপযোগী।

(ঘ) পর্সেলীনের পাত্র (Porcelain vessels)—অনেকক্ষণ ধরে উত্তপ্ত তরল পদার্থ নিয়ে কাজ করবার জন্য পর্সেলীনের পাত্র বিশেষ উপযোগী। লঘু ক্ষারকীয় দ্রবণে কাচের থেকে পর্সেলীনের ক্ষয় রোধক ক্ষমতা বেশী। অবশ্য পর্সেলীনের উৎকর্ষের মানের উপর নির্ভর করে ক্ষয়রোধক ক্ষমতা।

মাত্রিক বিশ্লেষণে অধঃক্ষেপ উত্তপ্ত করে ভস্মীভূত করার জন্য পর্সেলীন মুচি প্রায় ব্যবহৃত হয়ে থাকে। সামান্য পরিমাণ কঠিন পদার্থ উত্তপ্ত করার জন্যও এটি ব্যবহৃত হয়। এর দাম কম এবং উচ্চতাপ (1200° সে.) সহ্য করার ক্ষমতাও আছে। কেবল ক্ষারকীয় পদার্থ নিয়ে উচ্চতাপে কাজ করা যায় না।

(ঙ) সিলিকার পাত্র (Silica vessels)—স্বচ্ছ ও অনচ্ছ দুই প্রকারের পাওয়া যায়। অনচ্ছ পাত্রের দাম কম এবং সচরাচর পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। পর্সেলীন পাত্রের চেয়ে এর কতকগুলি সুবিধা আছে: (ক) প্রসারাংক কম থাকায় তাপ সংঘাত (heat shock) রোধ করার ক্ষমতা

বেশী, (খ) হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড এবং উচ্চতাপে ফসফোরিক অ্যাসিড ছাড়া সাধারণতঃ অন্যান্য অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় না এবং (গ) পাইরো-সালফেট গলন (fusion) কাজে পর্সেলীন পাত্র অপেক্ষা এই পাত্রের ক্ষয় রোধক ক্ষমতা বেশী। তবে কতকগুলি অসুবিধাও আছেঃ (ক) ক্ষারকীয় পদার্থ নিয়ে কাজ করা যায় না, (খ) সাধারণ কাচের থেকে বেশী ভঙ্গুর, এবং (গ) গরম ও ঠাণ্ডা করতে বেশী সময় লাগে।

সিলিকার মুচি 1500° সে. পর্যন্ত তাপ সহ্য করতে পারে। জলীয় বাষ্প কম শোষণ করে, সেজন্য পর্সেলীন মুচির চেয়ে সিলিকার মুচি অধঃক্ষেপ ভস্মীকরণের কাজে বেশী সমাদৃত।

(চ) **প্লাটিনামের পাত্র**—বিশুদ্ধ প্লাটিনামের গলনাংক বেশ উচ্চ (1770° সে.) এবং প্রায় সকল প্রকার বিকারকের একক উপস্থিতিতে নিষ্ক্রিয় থাকে। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড নিয়ে কাজ করার সময় প্লাটিনামের মুচি অপরিহার্য। গলিত ক্ষারকীয় কার্বনেট কিছু ক্ষতি করতে পারে না। উৎকৃষ্ট তাপ পরিবাহিতার (heat conduction) জন্য অল্প সময়ে গরম ও ঠাণ্ডা করা যায়। প্লাটিনামের মুচি খুবই সামান্য পরিমাণ জলীয় বাষ্প শোষন করে।

সাবধানতা (Precautions)ঃ—(1) অন্য ধাতুর সংস্পর্শে রেখে প্লাটিনামের মুচি উত্তপ্ত করা উচিত নয়। অ্যাজবেস্‌টস্‌ চাদর অথবা সিলিকা ত্রিকোণের উপর রেখে উত্তপ্ত করতে হয়।

(2) কার্বন এবং দীপ্ত শিখার দ্বারা প্লাটিনাম আক্রান্ত হয়, সেজন্য অধঃক্ষেপসহ ছাঁকন কাগজ প্লাটিনাম মুচিতে নিয়ে উন্মুক্ত শিখায় ভস্মীভূত করা উচিত নয়।

(3) জারক পদার্থের উপস্থিতিতে ক্ষারক প্লাটিনাম ক্ষয় করে।

(ছ) **নিকেলের পাত্র**—সোডিয়াম পারক্সাইড গলনের জন্য নিকেলের মুচি ব্যবহার করা হয়। নিকেল বাতাসে বিজারিত হয়ে অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। সেজন্য নিকেল মুচি ওজন কাজে ব্যবহার করা হয় না।

(জ) প্লাস্‌টিকের পাত্র—বর্তমানে উন্নত ধরনের প্লাস্‌টিকের পাত্র পাওয়া যায়। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ নিয়ে কাজ করবার জন্য প্লাটিনামের পাত্রের পরিবর্তে এগুলির ব্যবহার বর্তমানে বেশী। পলিথিনের নল দ্বারা তৈরী ব্যুরেট, রেজিন স্তম্ভ (resin column), ইত্যাদির ব্যবহার বৈশ্লেষিক রসায়নের ক্ষেত্রে প্রসারতা ঘটিয়েছে।

সাধারণ উষ্ণতায় পলিথিনের উৎকৃষ্ট ক্ষয়রোধক ক্ষমতা আছে; সাধারণ রাসায়নিক বিকারক, জল, গাঢ় ক্ষারক, গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, গাঢ়

ফসফোরিক অ্যাসিড, গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড এবং লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা পলিথিন আক্রান্ত হয় না। কেবল মাত্র পারক্লোরিক অ্যাসিড পলিথিনকে আক্রমণ করে এবং জৈব দ্রাবক পলিথিনের পাত্রে নিয়ে কাজ করা যায় না।

7, 10. উত্তাপনের যন্ত্রপাতি (*Heating apparatus*)

(ক) **দীপ** (Burners)—বস্তুকে উন্মুক্ত শিখায় উত্তপ্ত করার জন্য বিভিন্ন ধরনের দীপ ব্যবহার করা হয়। তাদের মধ্যে বুনসেন (Bunsen) ও মেকার (Meker) দীপের নাম উল্লেখযোগ্য। প্লাটিনামের মুচিতে 850—1000° সে. তাপে ও পর্সেলীন মুচিতে 700—800° সে. তাপে বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা যায়। মেকার দীপের সাহায্যে আর একটু বেশী তাপমাত্রা তোলা যায়—প্লাটিনাম মুচি (900—1200° সে.) এবং পর্সেলীন মুচি (800—900° সে.)।

(খ) **তড়িৎ-চুল্লী** (Electric furnace)—ভস্মীকরণের জন্য বুনসেন অথবা মেকার দীপ অপেক্ষা তড়িৎ-চুল্লীর ব্যবহার বেশী জনপ্রিয়। তড়িৎ চালিত **আচ্ছাদিত চুল্লী** (muffle furnace) বেশী ব্যবহৃত হয়। তাপ-মাত্রা কমানো বাড়ানো যায় এবং নিয়ন্ত্রণ করা যায়। সর্বোচ্চ তাপ 1200° সে. কাজে লাগানো যায়।

(গ) **জল গাহ ও বালুকা গাহ** (water bath and sand bath)—অল্প তাপে উত্তপ্ত করার জন্য এগুলি ব্যবহার করা হয়। মাত্রিক বিশ্লেষণে দ্রবণকে না ফুটিয়ে গাঢ় করার জন্য, অধঃক্ষেপ হতে অতিরিক্ত বিকারক বিমুক্তিকরণের জন্য (digestion), ইত্যাদি প্রয়োজনে এগুলি ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) **গরম-তাওয়া** (Hot plate)—তড়িতের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয় এবং তাপমাত্রা কমানো-বাড়ানো যায়। 100° থেকে 450° সে. পর্যন্ত তাপ কাজে লাগানো যায়। অল্প সময়ের মধ্যে দ্রবণ বাষ্পীভূত করে গাঢ় করা যায়।

(ঙ) **বায়ু-চুল্লী** (Air oven)—সাধারণতঃ 110° থেকে 180° সে. তাপে উত্তপ্ত করার জন্য এগুলি ব্যবহার করা হয়। বুনসেন দীপ অথবা তড়িত দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। প্রয়োজন অনুসারে তাপ-স্থাপক (thermostat) প্রক্রিয়ায় তাপ নিয়ন্ত্রণ করা হয়। অ্যাসিডীয় বাষ্প অথবা ক্ষয়কারী গ্যাস নির্গত হলে তড়িত চালিত বায়ু-চুল্লী ব্যবহার করা উচিত নয়। সাধারণতঃ অধঃ-ক্ষেপ অথবা কোন কঠিন বস্তু নির্দিষ্ট তাপে শুষ্কীকরণের জন্য এগুলি ব্যবহার করা হয়।

আয়তনিক বিশ্লেষণ পদ্ধতি (*Technique of volumetric analysis*)

7, 11. আয়তনের একক (*unit of volume*)—4° সে. তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব হয় সবথেকে বেশী। এই অবস্থায় ও সাধারণ চাপে এক কিলোগ্রাম (বায়ুশূন্য অবস্থায় ওজন) জলের আয়তনকে বলা হয় এক লিটার (litre)। এক লিটারের এক হাজার ভাগের এক ভাগকে বলা হয় এক মিলিলিটার (millilitre)—সংক্ষেপে মি. লি.। এক সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা সম্পন্ন একটি ঘনকের আয়তনকে বলা হয় এক ঘন সেন্টিমিটার (cubic centimetre)। সুতরাং এক মিলিলিটার ও এক ঘন সেন্টিমিটারের মধ্যে কিছুটা পার্থক্য থেকে যায়, যদিও সেই পার্থক্য খুবই সামান্য (প্রতি দশ লক্ষ ভাগে আটাশ ভাগ) এবং মাত্রিক বিশ্লেষণে ভ্রম-সীমার (limits of error) মধ্যে থেকে যায়। এক মিলিলিটার ও এক ঘন সেন্টিমিটারের মধ্যে সম্বন্ধটাকে নিম্নোক্ত রাশি দ্বারা প্রকাশ করা যায়ঃ

1000 মি.লি. = 1000·028 ঘন সেন্টিমিটার

এই পুস্তকে আয়তনকে মি.লি. এককে প্রকাশ করা হবে। তাপমাত্রার সাথে আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। সেজন্য কাচের পাত্রের গায়ে আয়তনের সাথে তাপমাত্রার উল্লেখ থাকা বাঞ্ছনীয়। সাধারণতঃ 20° সে. অথবা 25° সে. তাপমাত্রায় আয়তনের উল্লেখ থাকে।

7, 12. কাচের পাত্রাদি পরিষ্করণ—কাজ আরম্ভ করবার পূর্বে পাত্রগুলি পরিষ্কার না থাকলে পরিষ্কার করে নেওয়া প্রয়োজন। পরিষ্কার করার জন্য বাজারের সোডা এবং ক্রমিক অ্যাসিড ($Na_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$) ব্যবহার করা হয়ে থাকে। পাত্র জল দ্বারা ধুলে ফোঁটা ফোঁটা জল যদি পাত্রের গায়ে লেগে না থাকে, তাহলে বুঝতে হবে পাত্রটি পরিষ্কার আছে।

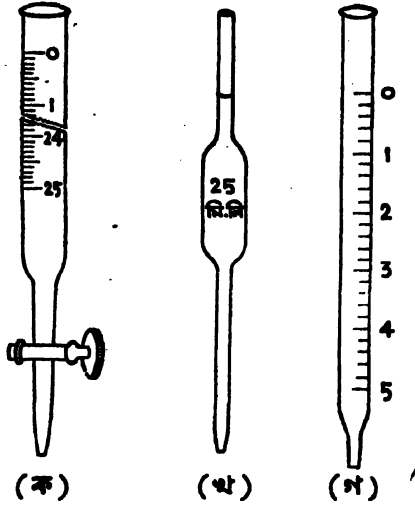
7, 13. মাপক কুপী (*Measuring flask*)—ন্যাসপাতি (pear) আকারের গোলতলা ও লম্বা গলা বিশিষ্ট কাচের পাত্র (7·5 নং চিত্র)। ঘসা কাচের ছিপি দ্বারা এর মুখ বন্ধ থাকে। লম্বা গলার মাঝামাঝি অথবা নিম্নাংশের চারিধারে একটা পাতলা দাগ খোদাই করা থাকে। ঐ দাগটি একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (20° সে. অথবা 25° সে.) ঐ কুপীর আয়তনের মাপ নির্দেশ করে। সুতরাং ঐ দাগ বরাবর কোন দ্রবণ কুপীতে ভর্তি করলে ঐ দ্রবণের একটি নির্দিষ্ট আয়তন পাওয়া যায়। কেবল ভর্তি করার শেষ পর্যায়ে দেখতে হবে যে ঐ দাগ দ্রবণের দ্বারা গঠিত অর্ধচন্দ্রকের (meniscus) সাথে স্পর্শ-রেখা (tangent) তৈরী করেছে। ঐ দাগের সমতলে চোখ রেখে এটি লক্ষ্য করতে হবে, নতুবা লম্বন-ভ্রম (parallax-error) হতে পারে। সাধারণ আয়তনিক বিশ্লেষণে 250 মি.লি., 500

মি.লি. এবং 1000 মি.লি. আয়তনের মাপক কূপী বেশী ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

7.5 চিত্র

7, 14. **ব্যুরেট** (*Burette*)—সিলিণ্ডার জাতীয় অংশাংকিত লম্বা কাচের নল দ্বারা তৈরী (7.6 নং চিত্র ক)। নলের ব্যাস অংশাংকিত অংশের সর্বত্র অবশ্যই সমান হবে। ব্যুরেটের নীচের অংশ সরু এবং রোধনীযুক্ত (Stop-cock)। এই রোধনীর নীচের অংশ আরও ছুঁচালো হওয়ায় রোধনী আংশিক মুক্ত করলে ব্যুরেটে রাখা দ্রবণ ছোট ছোট ফোঁটায় নীচে পড়ে। সাধারণ ব্যুরেটের ধারণ ক্ষমতা 25 মি.লি. অথবা 50 মি.লি. হয়ে থাকে এবং প্রত্যেক এক মি.লি. আয়তনকে সমান দশ ভাগে ভাগ করা থাকে। সূক্ষ্ম কাজের জন্য কম আয়তনের আরও সূক্ষ্মভাবে বিভক্ত ব্যুরেট বাজারে পাওয়া যায়।

কোন বিকারক দ্রবণ ব্যুরেটে ভর্তি করার পূর্বে পরিষ্কার ব্যুরেটটি 5 মি.লি. ঐ দ্রবণ দ্বারা ধুয়ে নিতে হয়। প্রয়োজন হলে দুবার ঐ ভাবে ধুয়ে নেওয়া হয় এবং দ্রবণটি ফেলে দেওয়া হয়। দ্রবণ দ্বারা ধোয়ার সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন ব্যুরেটের ভিতরের প্রতিটি অংশ ঐ দ্রবণের সংস্পর্শে আসে। তারপর রোধনী বন্ধ রেখে সম্পূর্ণ ব্যুরেটটি দ্রবণ দ্বারা ভর্তি করা হয় এবং রোধনী খুলে নীচের অংশের বাতাস সরিয়ে দ্রবণ পূর্ণ করা হয়। ঐ সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন ব্যুরেটের কোন অংশে বুদবুদের আকারে বায়ু ঢুকে না থাকে। যদি ঢুকে থাকে তাহলে তাকে দূর না করা পর্যন্ত কাজ আরম্ভ করা যাবে না। এর পর রোধনী নিয়ন্ত্রণ করে ব্যুরেট স্থিত দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় একটি বীকারে ফেলে কমাতে হয় যাতে ব্যুরেটের শূন্য দাগ দ্রবণ দ্বারা গঠিত অর্ধচন্দ্রকের সাথে স্পর্শ রেখা তৈরী করে। অনুমাপনের সময় রোধনী খুলে প্রয়োজনীয় আয়তনের বিকারক দ্রবণ

ফোঁটায় ফোঁটায় ঢেলে নেওয়া হয়। অনুমাপন শেষে দ্রবণের অর্ধচন্দ্রকের সাথে যে দাগ স্পর্শ রেখা তৈরী করেছে সেই দাগের পাঠ নিতে হয়। দ্বিতীয়বার অনুমাপনের সময় শূন্য চিহ্ন পর্যন্ত ব্যুরেট পুনরায় ভর্তি করে নেওয়া হয়। অবশ্য কম আয়তনের ব্যুরেট দ্রবণ একবারের অনুমাপনে লাগলে প্রতিবারে ব্যুরেট ভর্তি করার প্রয়োজন হয় না। কাজ হয়ে গেলে সঙ্গে সঙ্গে প্রথমে কলের জলে পরে পাতিত জলে ব্যুরেট ধুয়ে রাখা

7.6 চিত্র

উচিত। কাজ করার সময় ব্যুরেট-বন্ধনীর সাহায্যে ব্যুরেট ঊর্ধ্বাধভাবে (vertical) রাখা হয়, রোধনী নীচের দিকে থাকে। কাজ শেষে উল্টাভাবে রেখে আসা উচিত।

ব্যুরেট রোধনী ভালভাবে নিয়ন্ত্রণ করার জন্য রোধনীতে মাঝে মাঝে ভেজলীন (vaseline) লাগানো প্রয়োজন। Schellbach ব্যুরেটের পিছন দিকে একটি লম্বা নীল রঙের দাগ থাকে, আর তার দুপাশে সাদা রঙের প্রলেপ থাকে। দাগ পাঠ করবার সুবিধার জন্য এ ধরণের ব্যুরেট তৈরী করা হয়।

7, 15. পিপেট (*pipette*)—পিপেট দুপ্রকারের পাওয়া যায়ঃ

(1) সাধারণ বা স্থানান্তরণ পিপেট (transfer pipette),

(2) অংশাংকিত পিপেট (graduated pipette)।

স্থানান্তরণ পিপেটের মধ্যস্থলে একটি কাচের বালব্ থাকে, তার দু

পাশে দুটি সরু কাচের নল লাগানো থাকে। উপরের সরু নলকে বলা হয় শোষন-নল (suction tube) এবং নীচের সরু নলকে বলা হয় পরিত্যাগ-নল (delivery tube)। পরিত্যাগ-নলের নীচের অংশ জেটের (jet) মত ছুঁচালো আকারের হয়। বাল্‌বের সামান্য উপরে শোষন-নলে একটি দাগ খোদাই করা থাকে (7.6 নং চিত্র খ)। 50, 25, 10 ইত্যাদি মি.লি. ধারণ ক্ষমতা বিশিষ্ট স্থানান্তরণ পিপেট বাজারে পাওয়া যায়। একটি পিপেট দ্বারা কেবলমাত্র একটি নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ মেপে নেওয়া চলতে পারে। বিভিন্ন আয়তনের দ্রবণ নেওয়ার জন্য বিভিন্ন ধারণ ক্ষমতা বিশিষ্ট পিপেট ব্যবহার করা হয়।

অংশাংকিত পিপেটের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র একটি পিপেট দ্বারাই বিভিন্ন আয়তনের দ্রবণ নেওয়া যেতে পারে, কারণ অংশাংকিত পিপেট ব্যুরেটের মত সিলিন্ডার জাতীয় অংশাংকিত কাচের নল দ্বারা তৈরী (7.6 নং চিত্র গ)। দ্রবণের আয়তন যখন নিখুঁতভাবে মেপে নেওয়ার প্রয়োজন হয় তখন ব্যুরেট ব্যবহার করা হয়, এবং দ্রবণের আয়তন যখন মোটামুটিভাবে মেপে নিলে কাজ চলে তখন অংশাংকিত পিপেট ব্যবহার করা হয়।

পিপেট ব্যবহার করার সময় পরিষ্কার পিপেট প্রথমে নির্দিষ্ট দ্রবণ দ্বারা ধুয়ে নিতে হয়। এ কাজটি করার জন্য পিপেটের নিম্নপ্রান্ত দ্রবণের মধ্যে রেখে শোষণ-নলে মুখ দিয়ে অল্প পরিমাণ দ্রবণ টেনে নিতে হয় এবং শোষণ-নলের মুখ তর্জনী আঙ্গুল দ্বারা নিমেষের মধ্যে বন্ধ করে দ্রবণ হতে বিচ্ছিন্ন করে পিপেটকে অনুভূমিক করা হয়। অনুভূমিক অবস্থায় তর্জনী (আঙ্গুল) সরিয়ে নিয়ে দু-হাতের আঙ্গুল দ্বারা পিপেটকে চারি-ধারে ঘোরান হয় যাতে বাল্‌বের ভিতরের অংশ ঐ দ্রবণ দ্বারা ভালভাবে ধুয়ে নেওয়া হয়। এরপর পিপেটকে উল্লম্বভাবে ধরে সমস্ত দ্রবণই পরিত্যাগ-নলের মধ্য দিয়ে বের করে ফেলে দেওয়া হয়। পুনরায় পিপেটের নিম্ন প্রান্ত নির্দিষ্ট (একই) দ্রবণের মধ্যে রেখে মুখ দিয়ে ঐ দ্রবণ টেনে নেওয়া হয় যাতে শোষণ-নলে খোদাই করা দাগের থেকে 2 সে.মি. উপর পর্যন্ত ঐ দ্রবণ উঠে যায় এবং আগের মতই তর্জনী দ্বারা মুখ বন্ধ করে দ্রবণ হতে পিপেটকে বিচ্ছিন্ন করা হয়। তবে ঐ দ্রবণের পাত্রের উপর উল্লম্বভাবে পিপেটকে রাখা হয় এবং তর্জনী সামান্য আল্‌গা করে শোষণ-নলাস্থিত দ্রবণ ধীরে ধীরে ঐ দাগ পর্যন্ত এমনভাবে নামিয়ে আনা হয় যাতে ঐ দাগ দ্রবণের অর্ধচন্দ্রকের সাথে স্পর্শরেখা তৈরী করে। এখন নির্দিষ্ট পাত্রে পিপেট হতে দ্রবণ পরিত্যাগ-নলের মধ্য দিয়ে ঢেলে নেওয়া হয়। পিপেটের আয়তন অনুসারে ঢেলে নিতে সময় লাগে 20 থেকে 40

সেকেণ্ড। দ্রবণ বীকারে পড়া শেষ হয়ে গেলে পিপেটটির অগ্রভাগ বীকারের দেয়ালে স্পর্শ করে পিপেটটি উপর দিকে টেনে নিতে হয়। পিপেটের জেট মুখে যে এক ফোঁটা দ্রবণ থেকে যায়, তাকে অন্যকোন উপায়ে বের করে নেওয়ার প্রয়োজন নেই, কারণ ঐ অবস্থাতেই পিপেটের ধারণ ক্ষমতা ক্রমাঙ্কিত করা (calibrate) হয়েছে।

তৌলিক বিশ্লেষণ পদ্ধতি (*Technique of gravimetric analysis*)—আয়তনিক ও তৌলিক উভয় প্রকার বিশ্লেষণে যে সকল সাধারণ (common) যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় তাদের বিবরণ ও প্রয়োগ পদ্ধতি আগেই আমরা আলোচনা করেছি। কেবলমাত্র তৌলিক বিশ্লেষণে যে সকল পরীক্ষা পদ্ধতির প্রয়োগ হয়ে থাকে, শুধু তাদেরই আলোচনা এখানে করা হবে।

তৌলিক বিশ্লেষণে নিম্নোক্ত প্রক্রিয়াগুলি বিশেষভাবে অবলম্বন করা হয়ঃ (ক) অধঃক্ষেপণ, (খ) ছাঁকন, (গ) অধঃক্ষেপ ধৌতি এবং (ঘ) অধঃক্ষেপ শুষ্ককরণ, জ্বালন এবং ওজনকরণ।

7, 16. অধঃক্ষেপণ (*Precipitation*)—অধঃক্ষেপণের জন্য শর্তাবলী আগেই আলোচনা করা হয়েছে (ষষ্ঠ অধ্যায়, *6.2*)। সাধারণতঃ পাইরেক্স অথবা করনিং কাচের বীকারে অধঃক্ষেপ ফেলা হয় এবং পিপেট অথবা ড্রপারের সাহায্যে অধঃক্ষেপক (precipitant) ধীরে ধীরে বীকারের গা বেয়ে এবং দ্রবণ সর্বক্ষণ নাড়তে নাড়তে ঢালা হয়। অধঃক্ষেপ স্থির হয়ে যাওয়ার পর আরও কয়েক ফোঁটা অধঃক্ষেপ মিশিয়ে দেখতে হয় আর অধঃক্ষেপ পড়ছে কিনা। পরিমিত অতিরিক্ত (moderate excess) অধঃক্ষেপক মেশানো উচিত। বড় বড় কেলাস গঠন করার জন্য ও অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ করার জন্য ডাইজেশন করা হয়।

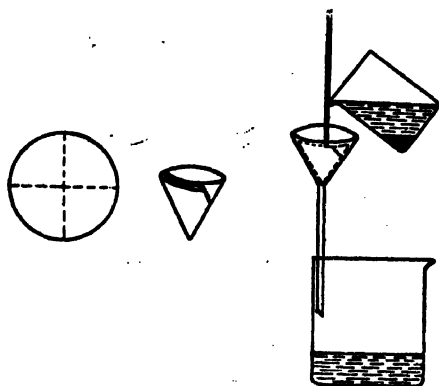
7, 17. ছাঁকন (*Filtration*)—এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে অধঃক্ষেপকে জনক-দ্রবণ (mother liquor) হতে মাত্রিকভাবে পৃথক করা হয়। পৃথক করার সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন অধঃক্ষেপ এবং ছাঁকনি (Filtering medium) সম্পূর্ণরূপে দ্রবণমুক্ত হয়। ছাঁকনি হিসাবে আমরা সাধারণতঃ ব্যবহার করে থাকিঃ (1) মাত্রিক ছাঁকন কাগজ, (2) বিশুদ্ধ asbestos স্তরযুক্ত ছাঁকন মাদুর (filter mat), এবং (3) সূক্ষ্ম ছিদ্রতলক মুচি (sintered bed crucible)।

ছাঁকন কাগজ—অধঃক্ষেপের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে কি ধরনের ছাঁকনি ব্যবহার করা হবে। যেমন, আঁঠাল (gelatinous) অধঃক্ষেপ হলে, অথবা অধঃক্ষেপকে উচ্চতাপে ভস্মীভূত করতে হলে মাত্রিক ছাঁকন কাগজ ব্যবহার

করা হয়ে থাকে। 9 সে.মি. এবং 11 সে.মি. ব্যাসের গোলাকার মাত্রিক ছাঁকন কাগজ সাধারণ পরীক্ষাগারে ব্যবহার করা হয়। মাত্রিক ছাঁকন কাগজ ভস্মীভূত করলে ভস্মের ওজন খুবই কম থাকে। 11 সে.মি. ব্যাসের মাত্রিক ছাঁকন কাগজের ভস্মের ওজন কখনই 0·0001 গ্রামের বেশী হওয়া উচিত নয়। যদি বেশী হয় তাহলে ভস্মাবশেষের ওজন হতে ঐ ভস্মের ওজন অবশ্যই বাদ দিতে হবে। তিন প্রকারের ছিদ্রমানযুক্ত (degree of porosity) মাত্রিক ছাঁকন কাগজ তৈরী করা হয়। কোম্পানী বিশেষে তাদের নাম ও সংকেত বিভিন্ন। এখানে শুধু "Whatman" ছাঁকন কাগজের উল্লেখ করা হল। ক্ষুদ্রতম আকৃতির অধঃক্ষেপের জন্য Whatman no. 42 ছাঁকন কাগজ ব্যবহার করা হয়। মাঝামাঝি আকারের অধঃক্ষেপের জন্য Whatman no. 41 এবং আঁঠাল ও বৃহৎ আকারের অধঃক্ষেপের জন্য Whatman no. 40 ছাঁকন কাগজ ব্যবহৃত হয়। ছাঁকন কাগজের ছিদ্রমান অনুসারে ছাঁকনের গতি হার নির্ভর করে।

যতদূর সম্ভব 60°-র কাছাকাছি শঙ্কুযুক্ত এবং 15 সে.মি. লম্বা দণ্ডযুক্ত ফানেল ছাঁকন কাজ দ্রুত সম্পন্ন করতে পারে। শুকনো ছাঁকন কাগজ প্রথমে দুই ভাগে এবং তারপর চারভাগে ভাঁজ করতে হয়। এখন ভাঁজ এমনভাবে খোলা হয় যাতে তিন ভাঁজ একদিকে থাকে, এক ভাঁজ অপর দিকে থাকে এবং 60° কোণ বিশিষ্ট শংকু তৈরী হয়। তারপরে ঐ কাগজের শংকুকে পাতিত জল দ্বারা ভালভাবে ভিজিয়ে ফানেলের গায়ে এমনভাবে সেঁটে দিতে হয় যাতে ছাঁকন কাগজ ও ফানেলের মধ্যে কোন বুদবুদ না থাকে। ঐ অবস্থায় ফানেলের দণ্ডনলটি জলপূর্ণ থাকে। এখন ফানেলটিকে একটি লৌহদণ্ডে খাটানো বলয়ের উপর ধীরে ধীরে এমনভাবে রাখা হয় যেন ফানেলের দণ্ডনলটি নীচে পরিস্রুত্ (filtrate) ধরবার জন্য রাখা পরিষ্কার বীকারের গা সবেমাত্র স্পর্শ করে। একটি কাচদণ্ডকে হেলান অবস্থায় ছাঁকন কাগজের শংকুর তিন ভাঁজ অংশের ঠিক উপরে ধরে অধঃক্ষেপ সহ দ্রবণ ঢালতে হয় এবং লক্ষ্য রাখতে হয় যেন কেবলমাত্র তিন ভাঁজ অংশের উপরই দ্রবণটি পড়ে (7.7 নং চিত্র)। ছাঁকনের সময় ঐ ছাঁকন কাগজ কখনও সম্পূর্ণরূপে যেন দ্রবণ দ্বারা ভর্তি না হয়; দ্রবণের উপরিতল সর্বদাই ঐ কাগজের উপর প্রান্ত হতে 5—10 মি.মি. নীচে রাখতে হয়। যদি বীকারের তলদেশে কিছু অধঃক্ষেপ জমে থাকে, তাহলে কাচদণ্ডটি বীকারের চঞ্চুর উপর রেখে বীকারটিকে কাত করে ধরে পতিত জলের ফোয়ারার সাহায্যে অধঃক্ষেপকে ধুয়ে ফানেলের উপর টেনে আনতে হয়। এ সত্ত্বেও যদি কিছু অধঃক্ষেপ কণা বীকারের গায়ে লেগে থাকে তাহলে

রবারের সরু নল দ্বারা প্রান্তঢাকা কাচের দণ্ড অর্থাৎ প্রক্ষালকের (policeman) সাহায্য নিতে হয়।

ছাঁকন মণ্ড (Filter pulp)—আঁঠাল ও ক্ষুদ্রকণা বিশিষ্ট অধঃক্ষেপ সাধারণ ছাঁকন কাগজের ছিদ্রগুলির মুখ বন্ধ করে দেয়, সেজন্য ঐ অধঃক্ষেপ ঠিকভাবে ছেঁকে ধুয়ে নেওয়ার জন্য Dittrich (1904) প্রথম ছাঁকন মণ্ড ব্যবহার করেন। ছাঁকন মণ্ড তৈরী করা খুব সোজা এবং পরীক্ষাগারে

7.7 চিত্র

ছাত্ররা সহজেই তৈরী করে নিতে পারেঃ মাত্রিক ছাঁকন কাগজ প্রথমে ছোট ছোট খণ্ড করে ছিঁড়ে নেওয়া হয়, তারপর একটি শংকু কূপীতে নিয়ে পাতিত জল দ্বারা কিছুক্ষণ সিদ্ধ করে জোড়ে ঝাঁকালে কাগজ খণ্ডগুলির আঁশ পেজা তুলোর মতো বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। বিচ্ছিন্ন অংশের ঐ কাগজ-দলাকে ছাঁকন-মণ্ড বলে। পরিমাণ মত ছাঁকন মণ্ড নিয়ে অধঃক্ষিপ্ত দ্রবণে ঠিক ছাঁকবার পূর্বে মিশিয়ে দেওয়া হয়, তারপর অধঃক্ষেপ ছেঁকে নেওয়া হয়।

ছাঁকন-মাদুর—ছাঁকনের কাজে F. A. Gooch (1878) প্রথম বিশুদ্ধ asbestos স্তরযুক্ত ছাঁকন-মাদুর ব্যবহার করেন। তিনি সচ্ছিদ্র প্লাটিনাম মুচির তলদেশে asbestos স্তর বিছিয়ে ছাঁকন-মাদুর তৈরী করেন। পরে সচ্ছিদ্র পর্সেলীন ও সিলিকা মুচির সাহায্যে ছাঁকন-মাদুর তৈরী করা হয়। Gooch-র নাম অনুসারে এই ধরনের ছাঁকন মাদুরকে **গুশ-মুচি** (Gooch crucible) বলে।

প্লাটিনাম মাদুর সহ প্লাটিনাম মুচিকে C. E. Munroe-র নাম অনুসারে **মানরো মুচি** (Munroe crucible) বলে।

—বর্তমানে স্থায়ী সূক্ষ্ম ছিদ্রের স্তরযুক্ত মুচির আমদানীতে ছাঁকন-মাদুরের ব্যবহার কমে গেছে, সেইজন্য বিস্তারিত আলোচনা করা হল না। (ছাঁকন প্রণালী পরবর্তী পরিচ্ছেদে দেওয়া হল)।

স্থায়ী সূক্ষ্ম ছিদ্র তলক মুচি (Sintered bed crucible)—এ ক্ষেত্রে গুশ মুচির মত প্রতিবার ছাঁকন মাদুর তৈরী করে নিতে হয় না,. স্থায়ী সূক্ষ্ম ছিদ্রের স্তরযুক্ত চাক্‌তি মুচির তলদেশে স্থায়ীভাবে লাগানো থাকে। ঐ চাক্‌তির ছিদ্রমান 1, 2, 3 এবং 4 সাংকেতিক সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। 1, 2, 3 এবং 4 নং চাক্‌তির ছিদ্রগুলির ব্যাস হচ্ছে যথাক্রমে 100—120μ (micron),* 40—50μ, 20—30μ এবং 5—10μ। 4 নং চাক্‌তির মুচি ক্ষুদ্র আকারের অধঃক্ষেপ ছাঁকনের পক্ষে উপযোগী এবং 3 নং চাক্‌তির মুচি মাঝারি আকারের অধঃক্ষেপের জন্য ব্যবহৃত হয়। সাধারণতঃ 30 মি.লি. ধারণ ক্ষমতা সম্পন্ন মুচি ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

কাচের sintered bed মুচির উপকারিতা হচ্ছেঃ (1) HF অ্যাসিড এবং উষ্ণ ও গাঢ় ক্ষারক ছাড়া অন্যান্য রাসায়নিক বিকারক কোন ক্ষতি করে না; (2) 100—150° সে. তাপে শুষ্ক করে নির্দিষ্ট ওজনে ফিরিয়ে আনা সম্ভব হয়; (3) সহজে পরিষ্কার করা যায়।

তিন ধরনের sintered bed মুচি পাওয়া যায়ঃ (ক) কাচের, (খ) সিলিকার এবং (গ) পর্সেলীনের। এদের পার্থক্য শুধু মুচি তৈরীর মশলায়। সিলিকা এবং পর্সেলীন মুচি 1000° সে. পর্যন্ত উত্তপ্ত করা যায়। পাইরেক্স কাচের মুচিকে 200° সে. তাপের বেশী উত্তপ্ত করা উচিত নয়। পর্সেলীন মুচিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করতে হয়, নতুবা ফেটে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। বায়ুচুল্লীতে শুষ্ক করে এগুলিকে নির্দিষ্ট ওজনে ফিরিয়ে আনা হয়।

অধঃক্ষেপ সহ দ্রবণ ছাঁকবার পূর্বে দেখে নেওয়া উচিত অধঃক্ষেপকণা চাক্‌তির ছিদ্রগুলি বন্ধ করে ফেলবে কিনা। যদি সেরূপ সন্দেহ হয় তাহলে sintered bed মুচি ব্যবহার না করে অন্য উপায়ে ছেঁকে নেওয়া উচিত। স্থায়ী sintered bed মুচি পরিষ্কার করার সময় প্রথমে জল দিয়ে ঝাঁকিয়ে যতখানি সম্ভব কঠিন পদার্থ সরিয়ে ফেলা হয়, তারপর উপযুক্ত দ্রাবকে অবশিষ্ট কঠিন পদার্থ দ্রবীভূত করে নেওয়া হয়। জল পাম্পের সাহায্যে শোষণ করে চাক্‌তির ছিদ্রগুলি উপযুক্ত দ্রাবক দ্বারা ভালভাবে পরিষ্কার করে নেওয়া হয়। নূতন মুচি হলে প্রথমে গাঢ় HCl

* 1 micron $= 1\mu = 10^{-6}$ মিটার

দ্বারা, পরে জল দ্বারা পরিষ্কার করে নেওয়া হয়। গলিত বাইসালফেট দ্বারা ঐ ধরনের মুচি পরিষ্কার করা উচিত নয়।

পরিষ্কার sintered bed মুচি বায়ুচুল্লীতে শুষ্ক করে প্রথমে নির্দিষ্ট ওজনে ফিরিয়ে আনা হয়। তারপর ঐ মুচির চারধারে একটা চওড়া রবারের নল এমনভাবে পরান হয় যাতে মুচির নীচের অংশ রবারের নল দ্বারা ঢাকা না পড়ে এবং ছাঁকনের সময় পরিস্রুত যেন রবারের সংস্পর্শে না আসে। রবারের নলটি পরাবার পূর্বে পাতিত জল দ্বারা ভিজিয়ে নিলে ভালভাবে বায়ু-নিরোধক হয়। এখন ঐ মুচিকে গুশ ফানেলের (Gooch funnel) উপর রাখা হয় এবং গুশ ফানেলটি একছিদ্রযুক্ত রবার-ছিপির সাহায্যে 500 মি.লি. ছাঁকন কুপীর (filter flask) উপর এমন-ভাবে রাখা হয় যেন পরিস্রুত গুশ ফ্রানেল হতে সরাসরি ছাঁকন কুপীতে পড়ে। সেজন্য ফানেলের নলমুখটি ছাঁকন কুপীর পার্শ্বনলের থেকে এক ইঞ্চি নীচে থাকে, তাহলে শোষণ জনিত আকর্ষণে পরিস্রুত ছাঁকন কুপীর বাইরে চলে আসবে না। বিপরীত শোষণের (back suction) ফলে কলের জল যাতে ছাঁকন কুপীতে ঢুকে না যায় সেজন্য আর একটি অনুরূপ ছাঁকন কুপী রবার নলের সাহায্যে পূর্বোক্ত ছাঁকন কুপীর সাথে যুক্ত করা হয় এবং শেষোক্ত ছাঁকন কুপীর সাথে জল-পাম্প লাগান হয়।

7, 18. অধঃক্ষেপ ধৌতি (*Washing of precipitates*)—এক বা একা-ধিক দ্রবণীয় যৌগের উপস্থিতিতে সাধারণতঃ অধঃক্ষেপণ করা হয়। যে তাপে অধঃক্ষেপকে শুষ্ক করা হয়, সেই তাপে ঐ যৌগ উদ্বায়ী না হলে অধঃক্ষেপ হতে ঐ যৌগকে অবশ্যই পৃথক করা প্রয়োজন। সেজন্য অধঃ-ক্ষেপকে ছাঁকনের পর উপযুক্ত দ্রাবক অথবা দ্রবণ দ্বারা ধুয়ে নেওয়া হয়। কোন অধঃক্ষেপই পরম অদ্রবণীয় (absolutely insoluble) নয়, অতএব যতদূর সম্ভব কম আয়তনের ধৌতি-দ্রবণ (washing liquid) ব্যবহার করা উচিত। প্রথমে অল্পমাত্রায় ধৌতি-দ্রবণ নিয়ে বারংবার ধুয়ে নিয়ে শেষে একবার কিংবা দুবার বেশী পরিমাণ ধৌতি-দ্রবণ ব্যবহার করলে ভাল ফল পাওয়া যায়। অধঃক্ষেপ যদি অধিক উষ্ণ ধৌতি-দ্রবণে অদ্রবণীয় থাকে, তাহলে অল্প উষ্ণ ধৌতি-দ্রবণ ব্যবহার করা যেতে পারে। আদর্শ ধৌতি-দ্রবণের নিম্নলিখিত গুণগুলি থাকা প্রয়োজনঃ

(1) অপদ্রব্য সহজে দ্রবীভূত করে, কিন্তু অধঃক্ষেপ নির্লিপ্ত থাকে।

(2) অধঃক্ষেপের উপর বিচ্ছুরণী প্রভাব (dispersive action) থাকবে না।

(3) অধঃক্ষেপের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় না।

(4) যে তাপে অধঃক্ষেপ শুষ্ক করা হয়, সেই তাপে সহজে উদ্বায়ী হয়।

(5) এমন কোন পদার্থ মেশান থাকবে না যা পরবর্তীস্তরে পরিস্রুত নিয়ে বিশ্লেষণ কালে বিঘ্ন ঘটায়।

(অন্যান্য মন্তব্যের জন্য ষষ্ঠ অধ্যায়, 6·3 দেখ)

7, 19. অধঃক্ষেপ শুষ্ককরণ ও জ্বালন (*Drying and ignition of precipitates*)—অধঃক্ষেপ ছেঁকে ধুয়ে নেওয়ার পর ওজন করার পূর্বে একটি নির্দিষ্ট সংযুতি সম্পন্ন হওয়া দরকার। পরবর্তী প্রক্রিয়া নির্ভর করছে কি ধরনের ছাঁকনি ব্যবহার করা হয়েছে এবং অধঃক্ষেপের প্রকৃতির উপর। এই পুস্তকে কেবলমাত্র শুষ্ক করার প্রয়োজন হলে sintered bed মুচি ব্যবহার করা হবে এবং ভস্মীভূত করার প্রয়োজন হলে ছাঁকন কাগজ ব্যবহার করা হবে।

ছাঁকন কাগজ ব্যবহার করলে সাধারণ মুচির মধ্যে নিয়ে তা ভস্মীভূত করা হয়। এক্ষেত্রে সিলিকা মুচি অথবা পর্সেলীন মুচি প্রয়োজন বুঝে ব্যবহার করা হয়। যে তাপে অধঃক্ষেপকে উত্তপ্ত করে ভস্মীভূত করা হবে, সেই তাপে প্রথমে মুচিকে উত্তপ্ত করে নির্দিষ্ট ওজনে আনা হয় এবং শোষকাধারে ঠাণ্ডা করে ওজন দেখে নেওয়া হয়। অধঃক্ষেপসহ ছাঁকন কাগজ যত্ন সহকারে ফানেল হতে বিচ্ছিন্ন করে ঐ ছাঁকন কাগজ দ্বারাই অধঃক্ষেপ মুড়ে ফেলা হয়। লক্ষ্য রাখতে হবে যেন ছাঁকন কাগজ ছিঁড়ে না যায়। এখন ছাঁকন কাগজের মোড়কটি একটি ওজন জানা নির্দিষ্ট মুচিতে রাখা হয় এবং মুচিটি ঢাকনা সহ আংশিক খোলা ও একটুখানি কাত অবস্থায় সিলিকা ত্রিকোণের (silica triangle) সাহায্যে লোহার তেপায়া দণ্ডের (tripod stand) উপর রাখা হয়। মুচির ঢাকনার উপর ছোট শিখা ফেলে প্রথমে জলীয় বাষ্প দূর করা হয়, তারপর শিখা একটু বড় করলে ছাঁকন কাগজটি ধীরে ধীরে অঙ্গারে পরিণত হয়। কাগজকে কখনও প্রজ্বলিত হতে দেওয়া উচিত নয়। যদি প্রজ্বলিত হয়, তাহলে সঙ্গে সঙ্গে মুচি ঢাকনা চাপা দিলে আগুন নিভে যায়। কাগজ সম্পূর্ণরূপে অঙ্গারে পরিণত হলে পর শিখাকে মুচির নীচে রাখা হয়। সমস্ত কার্বন পুড়ে যাওয়ার পর মুচিকে প্রয়োজনীয় সর্বোচ্চ তাপ মাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এই সমস্ত করতে প্রায় একঘণ্টা সময় লাগে।

ভস্মীকরণ শেষে দীপ শিখাকে সরিয়ে নেওয়া হয় এবং 1—2 মিনিট পর ঢাকনা সহ মুচিটি শোষকাধারে রাখা হয়। 25 থেকে 30 মিনিট সময় ঠাণ্ডা হতে লাগে। তারপর ঢাকনা সহ মুচিটি ওজন করা হয়। পুনরায় মুচিকে আগের মত তাপে উত্তপ্ত করা হয় 30 মিনিট, শোষকাধারে ঠাণ্ডা করা হয় আগের মত এবং ওজন করা হয়। মুচির ওজন স্থির নির্দিষ্ট না হওয়া পর্যন্ত বারংবার মুচিকে উত্তপ্ত করতে হয়।

তৃতীয় ভাগ

আঙ্গিক বিশ্লেষণ

অষ্টম অধ্যায়

আঙ্গিক বিশ্লেষণ (*Qualitative Analysis*)

অজৈব উপাদানগুলির রীতিবদ্ধ আঙ্গিক বিশ্লেষণ (*Systematic Qualitative Inorganic Analysis*)

প্রত্যেকটি বিশ্লেষণকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়ঃ

1. **প্রাথমিক পরীক্ষা**—এর মধ্যে থাকবে প্রাথমিক ভাবে শুষ্ক পরীক্ষা, অ্যামোনিয়ামের জন্য পরীক্ষা [উদ্বায়ী বস্তু দেখলে NaOH দ্রবণ দিয়ে পরীক্ষা করা] এবং লঘু ও গাঢ় H_2SO_4 দিয়ে অ্যানায়নের জন্য শুষ্ক পরীক্ষা।

2. **অ্যাসিডীয় মূলকগুলির (অ্যানায়নগুলির) আর্দ্র পরীক্ষা।**

3. **ধাতব আয়নগুলির (ক্যাটায়নগুলির) আর্দ্র পরীক্ষা।**

পরীক্ষণীয় বস্তুর আকৃতি ও প্রকৃতি ভাল করে লক্ষ্য করা উচিতঃ বস্তুটি নির্দিষ্ট আকারযুক্ত (কেলাস), না অনিয়তাকার (পাউডার), নতুবা উভয়ের মিশ্রণ; চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয় কিনা; কোন রঙ অথবা বিশেষ গন্ধ আছে কিনা, ইত্যাদি। যদি লক্ষ্যণীয় কিছু থাকে খাতায় লিখে রাখা দরকার। নীচে কিছু রঙীন যৌগের তালিকা দেওয়া হলঃ

লাল—Pb_3O_4 ; HgO ; HgI_2 ; HgS ; Sb_2S_3 ; CrO_3 ; Cu_2O.
রক্তবেগুনী—ক্রোম অ্যালাম; পারম্যাঙ্গানেট
লালাভ কমলা—ডাইক্রোমেট
ফিকে লাল—সোদক অবস্থায় ম্যাঙ্গানীজ ও কোবাল্ট লবণ
হলুদ—CdS; As_2S_3; SnS_2; PbI_2; HgO (অধঃক্ষিপ্ত); সাধারণ ক্রোমেট; ফেরিক ক্লোরাইড ও নাইট্রেট
সবুজ—Cr_2O_3; $Cr(OH)_3$; ফেরাস্ লবণগুলি; নিকেল লবণগুলি; $CrCl_3, 6H_2O$; $CuCl_2, 2H_2O$; $CuCO_3$; K_2MnO_4.
নীল—নিরুদক কোবাল্ট লবণগুলি; সোদক কিউপ্রিক লবণগুলি
বাদামী—PbO_2 ; CdO ; Fe_3O_4 ; Ag_3AsO_4 ; SnS ; Fe_2O_3 ; $Fe(OH)_3$.
কালো—PbS ; CuS ; CuO ; HgS ; MnO_2 ; FeS ; Co_3O_4 ; CoS ; NiS ; Ni_2O_3 ; Ag_2S.

অনেক সময় দ্রবণের রঙ মূল্যবান তথ্য হিসাবে কাজের সহায়তা করে,

সেজন্য লঘু দ্রবণে ধাতুর সোদক ক্যাটায়নের রঙের তালিকা নীচে দেওয়া হল:
নীল—কপার (ইক্); **সবুজ**—নিকেল, ফেরাস, ক্রোমিয়াম (ইক্), ম্যাঙ্গানেট; **হলুদ**—ক্রোমেট, ফেরিক; **কমলা**—ডাইক্রোমেট; **রক্ত বেগুনী**—পারম্যাঙ্গানেট; **ফিকে লাল**—কোবাল্ট, ম্যাঙ্গানীজ।

8, 1. প্রাথমিক শুষ্ক পরীক্ষা (*Preliminary dry tests*)

নিম্নলিখিত শুষ্ক পরীক্ষাগুলি ক্রমানুযায়ী করতে হবে:
(1) পরীক্ষা নলে উত্তপ্ত করণ; (2) বিশিষ্ট বালব্-নল পরীক্ষা; (3) কাঠ কয়লার জারণ, বিজারণ ও কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষা; (4) সোহাগা-গুটিকা পরীক্ষা; (5) দীপ শিখা পরীক্ষা; (6) অন্যান্য পরীক্ষা।

এই পরীক্ষাগুলি করবার পূর্বে যে কঠিন বস্তু বা মিশ্রিত উপাদান পরীক্ষা করবার জন্য দেওয়া হয়েছে সে গুলি গুঁড়া অবস্থায় না থাকলে খলে গুঁড়া করে নিতে হবে।

(1) **পরীক্ষানলে উত্তপ্ত করা:** পরীক্ষার জন্য প্রাপ্ত বস্তু (5 মিলিগ্রাম) একটি শুষ্ক পরীক্ষানলের তলদেশে এমনভাবে নাও যাতে ঐ গুঁড়া পরীক্ষানলের গায়ে লেগে না থাকে। পরীক্ষা নলটিকে প্রায় অনুভূমিক রেখায় দীপ শিখার উপর ধর। তারপর ধীরে ধীরে সাবধানে উত্তপ্ত কর। যখন তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বাড়তে থাকবে, তখন যদি কিছু পরিবর্তন লক্ষিত হয় সারণী অনুসারে খাতায় লিখে রাখ।

8, 1. সারণী

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
(ক) বস্তুর রঙ পরিবর্তন হচ্ছে:	
1. কালো হয়ে যায়, কোন গন্ধ নেই।	1. Cu, Mn এবং Ni লবণগুলি
2. গরম অবস্থায় হলুদ, ঠাণ্ডা অবস্থায় সাদা।	2. ZnO এবং অনেক Zn লবণ
3. গরম অবস্থায় হলদে বাদামী, ঠাণ্ডা অবস্থায় হলুদ।	3. SnO_2 অথবা Bi_2O_3
4. অল্প গরম অবস্থায় হলুদ, বেশী গরম অবস্থায় বাদামী, ঠাণ্ডা অবস্থায় হলুদ।	4. PbO এবং কিছু Pb লবণ

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
5. গরম অবস্থায় বাদামী, ঠাণ্ডা অবস্থায় বাদামী।	5. CdO এবং কিছু Cd লবণ
6. গরম অবস্থায় লাল থেকে গাঢ় লাল (কালচে), ঠাণ্ডা অবস্থায় লালাভ বাদামী	6. Fe_2O_3
(খ) উৎক্ষেপ তৈরী হচ্ছেঃ	
1. সাদা উৎক্ষেপ।	1. $HgCl_2$, $HgBr_2$, Hg_2Cl_2, অ্যামোনিয়াম হ্যালাইডগুলি, AS_2O_3, Sb_2O_3
2. কালো উৎক্ষেপ; কাঁচের দণ্ড দিয়ে ঘষলে লাল হয়ে যায়।	2. HgS
3. নীলাভ কালো উৎক্ষেপ সহ বেগুনী গ্যাস।	3. আয়োডিন
4. হলুদ উৎক্ষেপ।	4. S, As_2S_3, HgI- (কাচের দণ্ড দিয়ে ঘষলে লাল হয়ে যায়)
5. ছাই রঙের উৎক্ষেপ, ঘষলে তরল মারকারীর বর্তুল পাওয়া যায়।	5. মারকারী লবণ থেকে মুক্ত Hg
6. কালচে ছাই রঙের উৎক্ষেপ রসুনের গন্ধ।	6. আর্সেনিক লবণ থেকে মুক্ত As
(গ) গ্যাস অথবা বাষ্প নির্গত হয়ঃ	
1. জল নির্গত হয়, লিটমাস কাগজ দিয়ে পরীক্ষা করঃ	1. সঞ্চিত জলীয় বাষ্প অথবা কেলাস জলের উপস্থিতি
(*i*) ক্ষারীয় জল।	(*i*) অ্যামোনিয়াম লবণ
(*ii*) অ্যাসিডীয়	(*ii*) সহজে বিয়োজিত শক্তিশালী অ্যাসিডের লবণ
2. বাদামী ধূম নির্গত হয় (NO_2); নীল লিটমাস কাগজ লাল হয়ে যায়।	2. ভারী ধাতুর নাইট্রেট, নাইট্রাইট অথবা ব্রমাইড
(*i*) শ্বাস রোধ করে, ফ্লোরেসিন (fluorescein) কাগজ লাল হয়ে যায়।	(*i*) ব্রমাইড (সহজে বিয়োজিত অথবা জারকদ্রব্য উপস্থিত থাকলে

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
3. বেগুনী ধূম নির্গত হয়, ঠাণ্ডা অংশে কালো কেলাস ঘনীভূত হয়।	3. আয়োডাইড
4. ক্লোরিন গ্যাস (পীতাভ) নির্গত হয়, শ্বাস রোধ করে (বিষাক্ত); লিটমাস কাগজ বিবর্ণ হয়ে যায়, KI-স্টার্চ কাগজ নীল হয়ে যায়।	4. সহজে বিয়োজিত ক্লোরাইড, অথবা জারকদ্রব্য উপস্থিত থাকলে
5. অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয় (ঝাঁঝালো গন্ধ); লাল লিটমাস কাগজ নীল হয়, মারকিউরাস নাইট্রেট কাগজ কালো হয়।	5. অ্যামোনিয়াম লবণ অথবা জটিল অ্যামিন যৌগ
6. H_2S গ্যাস নির্গত হয় (ডিম পচা গন্ধ), লেড-অ্যাসিটেট কাগজ কালো হয়; ক্যাডমিয়াম-অ্যাসিটেট কাগজ হলুদ হয়।	6. সালফাইড
7. SO_2 গ্যাস নির্গত হয়, গন্ধক পোড়া গন্ধ, নাক জ্বালা করে, $K_2Cr_2O_7$ সবুজ হয়, ফুকসিন্ (fuchsin) দ্রবণ বর্ণহীন হয়।	7. সালফাইট; থায়োসালফেট, কিছু সালফেট
8. ফসফিন (PH_3) গ্যাস নির্গত হয়, পচা মাছের গন্ধ (বিষাক্ত); সহজে আগুনে জ্বলে ওঠে (সাবধান!)।	8. ফসফাইট এবং হাইপোফসফাইট
9. CO_2 গ্যাস নির্গত হয়, চুনের জল (lime-water) ঘোলা করে।	9. কার্বোনেট; বাইকার্বোনেট
10. $(CN)_2$ গ্যাস নির্গত হয়; খুবই বিষাক্ত; বিশিষ্ট গন্ধ আছে, আগুনে পুড়ে বেগুনী শিখা তৈরী করে।	10. ভারী ধাতুর সায়ানাইড; $K_3Fe(CN)_6$
(ঘ) গরম করলে গলে যায়, ঠাণ্ডা করলে পুনরায় কঠিন হয়।	(ঘ) ক্ষার ও মৃৎক্ষার ধাতুর লবণ; লেড ক্রোমেট; হ্যালাইড

(৫) **বিশিষ্ট বালব্-নল পরীক্ষা**—যদি আগের পরীক্ষায় সাদা উৎক্ষেপ দেখা যায়, তাহলে নমুনার কিছু অংশ (5 মি.গ্রা.) চতুর্গুণ আয়তনের (৫০

মি.গ্রা.) নিরুদক Na_2CO_3 ও অর্ধেক আয়তনের (২ মি.গ্রা.) KCN*-র সাথে মেশাও, তারপর একটি বালব্-নলের তলদেশে এমনভাবে নাও যেন নলের গায়ে না লাগে। ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করে পরিবর্তন লক্ষ্য কর এবং সারণী অনুসারে খাতায় লিখে রাখ।

৪, 2. সারণী

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
1. ছাই রঙের ধাতুর প্রলেপ (বাইরের দিক আয়নার মত), কাচদণ্ড দিয়ে নাড়লে বর্তুল পাওয়া যায়।	1. মারকারী লবণ
২. কাল্চে বাদামী রঙের প্রলেপ (আয়নার মত)। শুষ্ক H_2S গ্যাস চালিত করে উত্তপ্ত করলে হলুদ হয়ে যায়।	২. আর্সেনিক লবণ
3. NH_3 গ্যাস নির্গত হয়।	3. অ্যামোনিয়াম লবণ

(3) **কাঠকয়লায় জারক-শিখা পরীক্ষা** (Heating on charcoal with oxidising flame) ঃ

(ক) এক খণ্ড কাঠকয়লার উপরে একটি ছোট গর্ত কর 5 মি.গ্রা. নমুনা বস্তু ঐ গর্তে নাও এবং বাঁক-নলের সাহায্যে জারক শিখায় উত্তপ্ত কর।

৪, 3. সারণী

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
1. চট্পট্ শব্দ করে লাফায়।	1. কেলাস-লবণ (যেমন, NaCl, KCl, প্রভৃতি)
২. বেশী উত্তপ্ত করলে বস্তুটি জ্বলে ওঠে।	২. নাইট্রেট, নাইট্রাইট, ক্লোরেট, পারক্লোরেট আয়োডেট জাতীয় অক্সিজেন সমৃদ্ধ যৌগ

* KCN না মিশিয়ে মারকারী ও অ্যামোনিয়াম লবণের পরীক্ষা করলে একই ফল পাওয়া যায়।

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
3. সহজেই গলে যায় ও কাঠকয়লার ভিতর প্রবেশ করে।	3. ক্ষার ও কিছু মৃৎক্ষার ধাতুর লবণ
4. সাদা ধূম নির্গত হয়।	4. Hg, As, Sb এবং অ্যামোনিয়াম যৌগ
5. বস্তুটি গলে না এবং সাদা ভাস্বর অথবা বহিঃস্তর যুক্ত অবশেষ।	5. নীচের (খ) পরীক্ষা কর।

(খ) কাঠকয়লায় সোডিয়াম কার্বনেট সহযোগে বিজারণ (Heating on charcoal with reducing flame) ঃ

নমুনা বস্তুটির কিছু অংশ (5 মি.গ্রা.) নাও, দ্বিগুণ (10 মি.গ্রা.) Na_2CO_3-র সাথে মেশাও। তারপর কাঠকয়লার ছোট গর্তে রাখ, এক ফোঁটা জল দিয়ে ভিজিয়ে নাও, এবং বাঁক-নলের বিজারক শিখায় উত্তপ্ত কর।

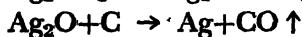
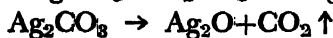
8, 4. সারণী

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
1. বহিঃস্তর সহ ধাতু	
(*i*) বহিঃস্তর হলুদ, নরম ধাতু, হাতুরী দিয়ে আঘাত করলে পাতের মত চ্যাপ্টা হয়ে যায়, কাগজে দাগ কাটে।	(*i*) লেড যৌগ
(*ii*) বহিঃস্তর হলুদ, ভঙ্গুর ধাতু।	(*ii*) বিসমাথ যৌগ
(*iii*) বহিঃস্তর সাদা উদ্বায়ী, সাদা ও ভঙ্গুর ধাতু।	(*iii*) অ্যান্টিমনি যৌগ
2. বহিঃস্তর বিহীন ধাতু	
(*i*) উজ্জ্বল নরম ধাতু, HNO_3-এ দ্রবনীয়। ঐ দ্রবণে লঘু HCl মেশালে সাদা দধির মত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত NH_4OH-এ দ্রবণীয়।	(*i*) সিলভার যৌগ
(*ii*) সাদা ধাতুর ছোট ছোট কণা, সহজে পাওয়া যায় না, KCN মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে সহজে পাওয়া যায়।	(*ii*) টিন যৌগ
(*iii*) লাল রঙের ধাতব ফলক।	(*iii*) কপার যৌগ

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
(*iv*) ধূসরাভ কাল ধাতব কণা, চুম্বক আকর্ষণ করে।	(*iv*) আয়রন, কোবাল্ট, নিকেল যৌগ
3. ধাতু বিহীন বহিঃস্তর	
(*i*) সাদা, গরম অবস্থায় হলুদ।	(*i*) জিংক যৌগ
(*ii*) সাদা, রসুনের গন্ধ।	(*ii*) আর্সেনিক যৌগ
(*iii*) বাদামী।	(*iii*) ক্যাডমিয়াম যৌগ
4. উত্তপ্ত অবস্থায় সাদা, ভাস্বর ও অগলনীয়।	4. বেরিয়াম, ষ্ট্রনসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও জিংক যৌগ। নীচের (গ) পরীক্ষা কর।

বিক্রিয়াঃ $2AgNO_3+Na_2CO_3 \rightarrow Ag_2CO_3+2NaNO_3$

$Ag_2CO_3 \rightarrow Ag_2O+CO_2\uparrow$

$Ag_2O+C \rightarrow Ag+CO\uparrow$

(ষষ্ঠ অধ্যায়, 6,1 পরিচ্ছেদ দেখ)

(গ) **কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষা** (cobalt nitrate tests) ঃ

কাঠকয়লায় সোডিয়াম কার্বনেট সহযোগে বিজারণ করে {8,1 পরিচ্ছেদ, (8) খ 4 দেখ} প্রাপ্ত অগলনীয় সাদা অবশেষের উপর এক অথবা দুই ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ দাও এবং জারক শিখায় বাঁক-নলে উত্তপ্ত কর। [বেশী কোবাল্ট নাটট্রেট দ্রবণ মেশালে সমস্ত বস্তুটি কাল হয়ে যাবে এবং পরীক্ষাটি বাতিল করতে হবে]।

8, 5. সারণী

নিরীক্ষা (*Observation*)	অনুমান (*Inference*)
1. অগলনীয় নীল অবশেষ	1. অ্যালুমিনিয়াম যৌগ
2. গলনীয় নীল অবশেষ	2. ফসফেট, আর্সেনেট, বোরেট এবং সিলিকেট যৌগ
3. সবুজ অবশেষ	3. জিংক যৌগ
4. ফিকে গোলাপী অবশেষ	4. ম্যাগনেসিয়াম যৌগ
5. ধূসর বর্ণের অবশেষ	5. ক্যালসিয়াম, ষ্ট্রনসিয়াম ও বেরিয়াম যৌগ

বিক্রিয়া ঃ $ZnSO_4+Na_2CO_3 \rightarrow ZnCO_3+Na_2SO_4$

$ZnCO_3 \rightarrow ZnO+CO_2\uparrow$

$Co(NO_3)_2 \rightarrow CoO+2NO_2+\frac{1}{2}O_2$

$ZnO+CoO \rightarrow ZnCoO_2$

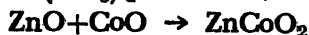
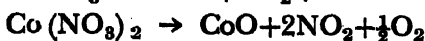
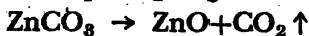
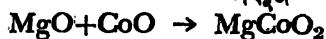
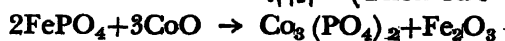
সব্জ (Rinmann's green)

$MgO+CoO \rightarrow MgCoO_2$

(ফিকে গোলাপী)

$Al_2O_3+CoO \rightarrow Al_2CoO_4$

নীল (Thenard's blue)

$2FePO_4+3CoO \rightarrow Co_3(PO_4)_2+Fe_2O_3$

(নীল)

(ষষ্ঠ অধ্যায়, 6,1 পরিচ্ছেদ দেখ)

(4) সোহাগা-গুটিকা পরীক্ষা (Borax bead tests) ঃ

পরীক্ষণীয় বস্তু যদি রঙীন হয় অথবা রঙীন উপাদানের মিশ্রণ হয়, তাহলে এই পরীক্ষা প্রয়োজন।

প্রথমে প্লাটিনাম তারের আগায় একটি ছোট রিং তৈরী করে দীপ্তিহীন দীপ শিখায় উত্তপ্ত কর এবং উত্তপ্ত অবস্থায় সোহাগার গুঁড়ায় ঠেকিয়ে নাও, তারপর ঐ শিখায় ধর। প্রয়োজন হলে দু-তিন বার এ রকম কর যতক্ষণ না একটি স্বচ্ছ ও বর্ণহীন সোহাগার গুটিকা তৈরী হয়। তখন ঐ গরম গুটিকা প্রাপ্ত পরীক্ষণীয় বস্তুর একটি কিংবা দুটি দানার সংস্পর্শে আন এবং দীপের বিজারক শিখায় ধরে থাক যতক্ষণ পর্যন্ত না দানাগুলি মিশে যায়। গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় ঐ গুটিকার রঙ লক্ষ্য কর।

বিজারক শিখায় কাজ শেষ হলে ঐ গুটিকাই জারক শিখায় ধরে অনুরূপ পরীক্ষা কর।

8, 6. সারণী

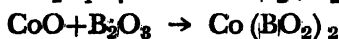
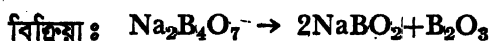
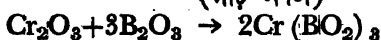
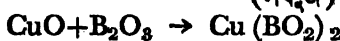
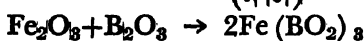
জারক শিখা	বিজারক শিখা	অনুমান
1. গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় গাঢ় নীল	1. গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় গাঢ় নীল	1. কোবাল্ট যৌগ
2. গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় পান্না সবুজ	2. গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় পান্না সবুজ	2. ক্রোমিয়াম যৌগ
3. গরম অবস্থায় সবুজ, ঠাণ্ডা হলে নীল	3. অনচ্ছ (opaque) লাল	3. কপার যৌগ

জারক শিখা	বিজারক শিখা	অনুমান
4. গরম অবস্থায় লাল, ঠাণ্ডা হলে হলুদ	4. গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় সবুজ	4. আয়রন যৌগ
5. গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় লালাভ বেগুনী	5. গরম ও ঠাণ্ডা অবস্থায় বর্ণহীন	5. ম্যাঙ্গানীজ যৌগ
6. ঠাণ্ডা অবস্থায় লালাভ	6. ঠাণ্ডা অবস্থায় অনচ্ছ ধূসর	6. নিকেল যৌগ

বিক্রিয়া : $Na_2B_4O_7 \rightarrow 2NaBO_2 + B_2O_3$

$CoO + B_2O_3 \rightarrow Co(BO_2)_2$
(গাঢ় নীল)

$Cr_2O_3 + 3B_2O_3 \rightarrow 2Cr(BO_2)_3$
(সবুজ)

$CuO + B_2O_3 \rightarrow Cu(BO_2)_2$
(নীল)

$Fe_2O_3 + B_2O_3 \rightarrow 2Fe(BO_2)_3$
(হলুদ)

(ষষ্ঠ অধ্যায়, 6,1 পরিচ্ছেদ দেখ)

সোহাগা-গুটিকার পরিবর্তে মাইক্রোকসমিক লবণের ($NaNH_4HPO_4$) গুটিকায় উপরোক্ত পরীক্ষাগুলি করা সম্ভব। রঙীন গুটিকার উপর সাদা অনচ্ছ কণা থাকলে বুঝতে হবে নমুনার মিশ্রণে সিলিকেট আছে। SnO_2 দ্রবীভূত হতে দেরী হয়, সেজন্য অনেক সময় সিলিকেটের সাথে ভুল হতে পারে। মাইক্রোকসমিক লবণের গুটিকায় সিলিকেটের এই পরীক্ষা অনেকেই অনুমোদন করেন।

(5) দীপ শিখা পরীক্ষা (Flame tests) :

একটি ছোট ঘড়ি-কাচে কিছু গাঢ় ও বিশুদ্ধ HCl নাও। একটি পরিষ্কার প্লাটিনাম তারের অগ্রভাগ ঐ HCl-এ চুবিয়ে বুনসেন দীপের দীপ্তিহীন শিখায় ধরে দেখ শিখা বর্ণহীন। তারপর ঐ প্লাটিনাম তার পুনরায় HCl-এ সিক্ত করে প্রাপ্ত পরীক্ষণীয় বস্তুর কয়েকটি কণার সংস্পর্শে রাখ এবং পরে দীপ্তিহীন শিখার গোড়ায় ধর। শিখার রঙ প্রথমে খালি চোখে, পরে একজোড়া নীল কোবাল্ট কাচ-ফলকের ভিতর দিয়ে লক্ষ্য কর।

(ষষ্ঠ অধ্যায়, 6,1 পরিচ্ছেদ দেখ)

4, 7. সারণী

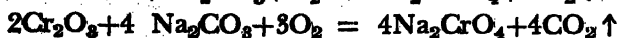
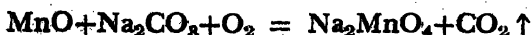
খালি চোখে	নীল কাচের ভিতর দিয়ে	অনুমান
1. স্থির উজ্জ্বল সোনালী হলুদ	1. বর্ণহীন	1. সোডিয়াম
2. নীল-লোহিত	2. ঘোর লাল	2. পটাসিয়াম
3. স্বল্প স্থায়ী পীতাভ লাল	3. ফিকে সবুজ	3. ক্যালসিয়াম
4. স্থির ঘোর লাল	4. রক্ত বেশুনী	4. ষ্ট্রনসিয়াম
5. পীতাভ সবুজ	5. নীলাভ সবুজ	5. বেরিয়াম
6. সবুজের মাঝখানে নীল	6. বর্ণহীন	6. কপার
7. সবুজ (স্বল্প স্থায়ী)	..	7. বোরেট
8. ফিকে নীলাভ সবুজ, সাপের জিভের মত শিখা	..	8. টিন
9. নীলাভ-শ্বেত	..	9. লেড, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, বিসমাথ

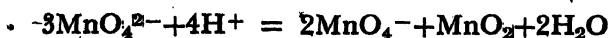
(6) **অন্যান্য পরীক্ষাঃ**

(ক) Mn এবং Cr ধাতুর উপস্থিতি গলন-পরীক্ষা (Fusion test) দ্বারা অনুমান করা যায়। সোহাগা-গুটিকা পরীক্ষায় Cr এবং/অথবা Mn অনুমান করলে প্রাপ্ত পরীক্ষণীয় বস্তুর কিছু পরিমাণ (5 মি.গ্রা.) সমপরিমাণ KNO_3 এবং দ্বিগুণ পরিমাণ Na_2CO_3-র সাথে মিশিয়ে অভ্রপাত অথবা ভাঙ্গা পর্সেলীনের মুচির উপর নিয়ে গলাও। গলিত অবশেষ ঠান্ডা অবস্থায় সবুজ হলে ম্যাঙ্গানীজ, হলুদ হলে ক্রোমিয়াম বোঝায়। Na_2CO_3-র গুটিকা পরীক্ষা করেও Cr এবং Mn-র উপস্থিতি ধরা যায়। Cr এবং Mn একত্রে মেশানো থাকলে ম্যাঙ্গানেটের সবুজ রঙ ক্রোমেটের হলুদ রঙকে প্রচ্ছন্ন করে ফেলে।

বিঃ দ্রঃ—(1) লেড, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, বিসমাথ, কপার ও টিন ধাতুর লবণ প্লাটিনাম নষ্ট করে।

(2) ফসফেটের উপস্থিতিতে Ba, Sr, Ca-র পরীক্ষাঃ—লবণের HCl দ্রবণে সম্পৃক্ত $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণ মেশাও → Pb, Ba, Sr এবং Ca সালফেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হবে। CH_3COONH_4 দ্রবণ মিশিয়ে Pb পৃথক করে নাও, তারপর Ba, Sr এবং Ca-র জন্য দীপ শিখায় পরীক্ষা কর।

$$MnO+Na_2CO_3+O_2 = Na_2MnO_4+CO_2\uparrow$$
$$2Cr_2O_3+4\ Na_2CO_3+3O_2 = 4Na_2CrO_4+4CO_2\uparrow$$

সবুজ ম্যাঙ্গানেট লঘু CH_3COOH-এ দ্রবীভূত করলে পারম্যাঙ্গানেটের রক্ত বেগুনী দ্রবণ পাওয়া যায়ঃ

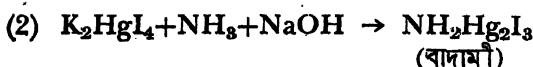
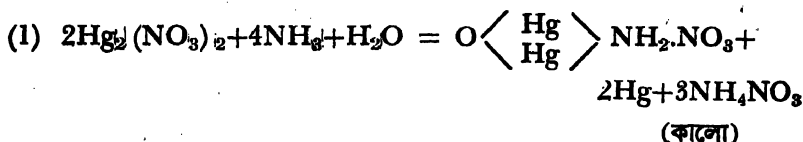
$$3MnO_4^{2-}+4H^+ = 2MnO_4^-+MnO_2+2H_2O$$

(খ) অ্যামোনিয়াম মূলকের পরীক্ষা—প্রাপ্ত বস্তুর কিছু অংশ (10 মি.গ্রা.) পরীক্ষা-নলে নিয়ে 2 মি.লি. লঘু NaOH দ্রবণ মিশিয়ে গরম কর। অ্যামোনিয়ার ঝাঁঝালো গন্ধ বের হবে। লাল লিটমাস কাগজ ও মারকিউরাস নাইট্রেট কাগজ দিয়ে পরীক্ষা কর।

NH_3 গ্যাস অনুমান করলে, ঐ নির্গত গ্যাস পাতিত জলের মধ্যে চালিত কর। তারপর ঐ দ্রবণে নেস্‌লারের বিকারক (Nessler's reagent) মেশাও। বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে।

$$(1)\quad 2Hg_2(NO_3)_2+4NH_3+H_2O = O\left\langle\begin{matrix}Hg\\Hg\end{matrix}\right\rangle NH_2.NO_3+2Hg+3NH_4NO_3$$

(কালো)

$$(2)\quad K_2HgI_4+NH_3+NaOH \rightarrow NH_2Hg_2I_3$$

(বাদামী)

(গ) টিনের প্রতিপ্রভা (*fluorescence*) পরীক্ষাঃ

একটি ছোট বীকারে পরীক্ষণীয় কঠিন বস্তু কিছু নাও, 6N-HCl ও বিশুদ্ধ* (টিন বিহীন) জিংক খণ্ড মেশাও। একটি কাচের পরীক্ষা-নলে অর্ধেক ঠাণ্ডা জল ভর্তি করে বাইরের প্রান্তটা ঐ মিশ্রনে ডুবাও এবং সঙ্গে সঙ্গে বুনসেন দীপশিখার উপর (শিখা হতে 2—3 মি.মি. বাইরে) ধর। নীল প্রতিপ্রভা পরীক্ষা-নলের গা থেকে নির্গত হবে। পরীক্ষা-নলের ভিতর রাখা ঠাণ্ডা জল গরম হয়ে গেলে ফেলে দিয়ে পুনরায় ঠাণ্ডা জল নিয়ে পরীক্ষা করতে হবে।

8. 2. অ্যাসিডীয় মূলকগুলির (অ্যানায়নগুলির) প্রাথমিক পরীক্ষাঃ

(1) লঘু H_2SO_4-এ বিক্রিয়া (লঘু HCl প্রয়োগ করা যেতে পারে)ঃ একটি পরীক্ষা-নলে 0·1 গ্রাম পরীক্ষণীয় বস্তু নাও, 2 মি.লি. $2N$-H_2SO_4

* বাজারে প্রাপ্ত জিংক খণ্ডে সাধারণতঃ টিন থাকে। সেজন্য পাশাপাশি পরীক্ষণীয় বস্তু না মিশিয়ে বস্তুহীন (blank) পরীক্ষা করা প্রয়োজন।

মেশাও। ঠাণ্ডা অবস্থায় এবং প্রয়োজন হলে সামান্য গরম অবস্থায় বিক্রিয়া লক্ষ্য কর।

8, 8. সারণী

নিরীক্ষা	অনুমান	বিক্রিয়া সমীকরণ
1. ঠাণ্ডা অবস্থায় বুদবুদন; বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হয়; ঐ গ্যাস স্বচ্ছ চুনের জলকে ঘোলা করে।	1. কার্বনেট অথবা বাইকার্বনেট	1. $CO_3^{2-}+2H^+=CO_2\uparrow+H_2O$ $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3\downarrow+H_2O$
2. বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়, শ্বাস রোধ করে, গন্ধক পোড়া গন্ধ, অ্যাসিডীয় ডাইক্রোমেট সিক্ত কাগজকে সবুজ করে, ফুকসিন দ্রবণকে বর্ণহীন করে।	2. সালফাইট এবং থায়োসালফেট	2. $SO_3^{2-}+2H^+=SO_2\uparrow+H_2O$ $S_2O_3^{2-}+2H^+=SO_2\uparrow+S\downarrow+H_2O$ $Cr_2O_7^{2-}+2H^++3SO_2=2Cr^{3+}+$ (সবুজ) $3SO_4^{2-}+H_2O$
(i) গন্ধকের অধঃক্ষেপণ হয় (ii) গন্ধকের অধঃক্ষেপণ হয় না	(i) থায়োসালফেট (ii) সালফাইট	
3. লালাভ-বাদামী গ্যাস নির্গত হয়, স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত কাগজকে নীল করে।	3. নাইট্রাইট	3. $3NO_2^-+2H^+=NO_3^-+2NO+H_2O$ $2NO+O_2=2NO_2\uparrow$ $2I^-+NO_2+H_2O=I_2+NO_2+2OH^-$
4. পীতাভ-সবুজ গ্যাস নির্গত হয়, শ্বাস রোধ করে, লিটমাস কাগজ বর্ণহীন করে, স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত কাগজ নীল হয়	4. হাইপোক্লোরাইট	4. $2(OCl)^-+4H^+=Cl_2\uparrow+2H_2O$ $2I^-+Cl_2=I_2+2Cl^-$

নিরীক্ষা	অনুমান	বিক্রিয়া সমীকরণ
5. বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়*, পচাডিমের গন্ধ, অ্যাসিডীয় ডাইক্রোমেট সিক্ত কাগজ সবুজ হয়, লেড অ্যাসিটেট অথবা সোডিয়াম প্লাম্বাইট $[Pb(ONa)_2]$ সিক্ত কাগজ কাল হয়	5. সালফাইড	5. $S^{2-}+2H^+=H_2S\uparrow$ $Cr_2O_7^{2-}+14H^++3S^{2-}=2Cr^{3+}+3S\downarrow+7H_2O$ (সবুজ) $Pb^{2+}+S^{2-}=PbS$ (কাল)
6. বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়, পচা বাদামের গন্ধ (C_6H_5-CHO-র মত), অত্যন্ত বিষাক্ত। NaOH দ্রবণে সিক্ত কাগজ পরীক্ষা-নলের মুখে চেপে ধর দুই মিনিট, তারপর ঐ সিক্ত জায়গায় এক ফোঁটা $FeSO_4$ দ্রবণ দাও, গরম কর, এবং দু-ফোঁটা 6N-HCl দাও। কাগজ নীল হলে বুঝতে হবে সায়ানাইড অবশ্যই আছে।	6. সায়ানাইড, দ্রবণীয় ফেরি-ও ফেরো-সায়ানাইড	6. $CN^-+H^+=HCN\uparrow$ $Fe^{2+}+2OH^-=Fe(OH)_2$ $Fe(OH_2+2CN^-=Fe(CN)_2+2OH^-$ $Fe(CN)_2+4CN^-=Fe(CN)_6^{4-}$
7. ফোটালে দ্রবণ হলুদ হয়, SO_2 গ্যাস নির্গত হয় (ফুকসিন দ্রবণ বর্ণহীন হয়, ডাইক্রোমেট সিক্ত কাগজ সবুজ হয়)।	7. থায়োসায়ানেট	7. $SCN^-+2H^++H_2O=NH_4^++COS$ $2COS+3O_2=2CO_2\uparrow+2SO_2\uparrow$

(থ) গাঢ় H_2SO_4-এ বিক্রিয়া:

একটি পরীক্ষা-নলে 0·1 গ্রাম পরীক্ষণীয় বস্তু নাও, 2 মি.লি. গাঢ় H_2SO_4 মেশাও এবং সামান্য গরম করে বিক্রিয়া লক্ষ্য কর। [পরীক্ষণীয় বস্তুর মধ্যে ক্লোরেট অথবা পারম্যাঙ্গানেট থাকলে উত্তপ্ত অবস্থায় ভয়ানক বিস্ফোরণ ঘটতে পারে]।

* As_2O_3 এবং Sb_2O_3 বেশী পরিমাণে থাকলে, অথবা অন্য কোন কারণে H_2S গ্যাস অনেক সময় ভালভাবে নির্গত হয় না, তখন Zn ধাতুর টুকরো দু-একটা মেশালে H_2S গ্যাস ভালভাবে নির্গত হয়।

8, 9. সারণী

নিরীক্ষা	অনুমান	বিক্রিয়া সমীকরণ
1. বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়, ঝাঁঝালো গন্ধ, NH_4OH সিক্ত কাচ দণ্ড পরীক্ষা-নলের মুখে ধরলে সাদা ধূম নির্গত হয়, পরীক্ষণীয় বস্তুর মধ্যে জারক দ্রব্য* থাকলে অথবা MnO_2 মেশালে Cl_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং KI-ষ্টার্চ সিক্ত কাগজকে নীল করে।	1. ক্লোরাইড	1. $NaCl+H_2SO_4= NaHSO_4+HCl$ $MnO_2+4HCl= Cl_2\uparrow+MnCl_2+2H_2$
2. বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়, ঝাঁঝালো গন্ধ, পরীক্ষা-নলে দ্রবণটি তৈলাক্ত মনে হয়, একটি কাচ দণ্ডে এক ফোঁটা জল নিয়ে পরীক্ষা-নলের মুখে ধরলে স্বচ্ছ জলের ফোঁটা ঘোলাটে হয়ে যায়। পরীক্ষা শেষে পরীক্ষা-নলের গায়ে ঘষা দাগ দেখা যায়।	2. ফ্লোরাইড	2. $F^-+H^+=HF$ $4HF+SiO_2= SiF_4+2H_2O$ $3SiF_4+4H_2O= 2H_2SiF_6+Si(OH)_4$
3. ফিকে লালাভ-বাদামী HBr ও Br_2 গ্যাস নির্গত হয়, ঝাঁঝালো গন্ধ, পরীক্ষা-নলে MnO_2 মেশালে গ্যাসের রঙ গাঢ় হয়। ফ্লোরেসিন কাগজ লাল করে, CS_2 দ্রবণ হলুদ হয়।	3. ব্রোমাইড ও ব্রোমেট	3. $KBr+H_2SO_4= KHSO_4+HBr$ $HBr+H_2SO_4= Br_2\uparrow+SO_2\uparrow+2H_2O$ $MnO_2+2KBr+3H_2SO_4= Br_2\uparrow+2KHSO_4+MnSO_4+H_2O$
4. বেগুনী গ্যাস নির্গত হয়, পরীক্ষা-নলে MnO_2 মেশালে গ্যাসের রঙ গাঢ় হয়, CS_2 দ্রবণ বেগুনী হয়।	4. আয়োডাইড	4. $HI+H_2SO_4= I_2\uparrow+SO_2\uparrow+2H_2O$

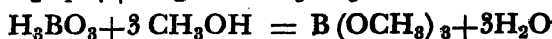
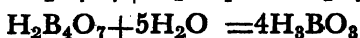
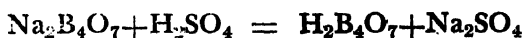
* ক্রোমেট থাকলে Br_2-র মত বাদামী গ্যাস নির্গত হয়। তখন ঐ গ্যাস লঘু NaOH দ্রবণে চালিত কর এবং লেড অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড মেশাও। $PbCrO_4$-র হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। পারক্রোমিক অ্যাসিড পরীক্ষাও করা চলে।

নিরীক্ষা	অনুমান	বিক্রিয়া সমীকরণ
5. ঝাঁঝালো HNO_3 গ্যাস নির্গত হয়, অনেক সময় বাদামী NO_2 গ্যাসও নির্গত হয়, তামা কুচি মেশালে বাদামী রঙ আরও গাঢ় হয়	5. নাইট্রেট [যদি নাইট্রাইট না থাকে]	5. $NaNO_3+H_2SO_4 = NaHSO_4+HNO_3$ $4HNO_3=4NO_2\uparrow+O_2+2H_2O$ $Cu+4HNO_3= Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$
6. বিশিষ্ট গন্ধ যুক্ত হলুদ ClO_2 গ্যাস ঠাণ্ডা অবস্থায় নির্গত হয়, গরম করলে কাচ ফাটার চিড়চিড় শব্দ হয়, বিস্ফোরণ হতে পারে।	6. ক্লোরেট	6. $3KClO_3+3H_2SO_4 = 2ClO_2\uparrow+HClO_4+3KHSO_4+H_2O$
7. সশব্দে রক্ত বেগুনী গ্যাস নির্গত হয়, বিস্ফোরণ ভয়ানক হতে পারে।	7. পারম্যাঙ্গানেট	7. $2KMnO_4+H_2SO_4= K_2SO_4+Mn_2O_7+H_2O$
8. CO গ্যাস নির্গত হয়	8. সায়ানাইড, ফেরি- ও ফেরো সায়ানাইড*	8. $KCN+2H_2SO_4+2H_2O= 2CO\uparrow+K_2SO_4+(NH_4)_2SO_4$
9. ঠাণ্ডা অবস্থায় হলুদ দ্রবণ, গরম করলে COS, SO_2 ও S তৈরী হয়।	9. থায়োসায়ানেট	9. লঘু H_2SO_4-র মতই বিক্রিয়া হয়।
10. Br_2 এবং O_2 গ্যাস নির্গত হয়।	10. ব্রোমেট	10. $4HBrO_3=2Br_2\uparrow+5O_2\uparrow+2H_2O$

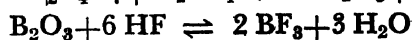
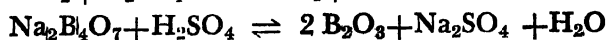
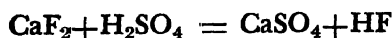
* যদি পরীক্ষণীয় বস্তুর মধ্যে, সায়ানাইড, ফেরো সায়ানাইড এবং ফেরি সায়ানাইড থাকে, তাহলে ক্যাটায়নগুলি পৃথকীকরণের পূর্বে পরীক্ষণীয় বস্তুকে গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে ফোটাতে হবে এবং উপরোক্ত অ্যানায়নগুলিকে বিয়োজিত করে নষ্ট করতে হবে।

(ঙ) বোরেট, ফসফেট, ফ্লোরাইড ও সিলিকেট থাকলে ক্যাটায়নগুলি শ্রেণীগতভাবে পৃথক করার পূর্বেই এদের তাড়ানো দরকার, নইলে বাধার সৃষ্টি হবে। সেজন্য উপরিউক্ত অ্যানায়নগুলি আছে কিনা জানা প্রয়োজন। ফ্লোরাইড থাকলে গাঢ় H_2SO_4 পরীক্ষায় ধরা পড়বে। ফসফেট আছে কিনা I ও II গ্রুপের পৃথক হওয়ার পর অ্যামোনিয়াম মলিবডেট বিকারক দ্রবণ দিয়ে পরীক্ষা করতে হবে। সুতরাং এখন ফসফেটের জন্য পরীক্ষার প্রয়োজন নেই। এখন শুধু জানতে হবে বোরেট ও সিলিকেট আছে কিনা।

(ক) বোরেটের জন্য পরীক্ষাঃ (*i*) একটি পরীক্ষা-নলে 0·1 গ্রাম পরীক্ষণীয় বস্তু নাও (পরীক্ষা-নলের মুখে যেন না লেগে থাকে), 2 মি.লি. গাঢ় H_2SO_4 ও 5 মি.লি. CH_3OH মেশাও। মিশ্রণটি ফোটাও এবং ঐ পরীক্ষা-নলের মুখে আগুন ধরিয়ে দাও। যদি বোরেট থাকে, উদ্বায়ী মিথাইল বোরেট $B(OCH_3)_3$ সবুজ শিখায় পুড়বে।

$$Na_2B_4O_7+H_2SO_4 = H_2B_4O_7+Na_2SO_4$$
$$H_2B_4O_7+5H_2O = 4H_3BO_3$$
$$H_3BO_3+3\,CH_3OH = B(OCH_3)_3+3H_2O$$

যদি H_3BO_3 হিসাবেই থাকে, তাহলে H_2SO_4 মেশাবার প্রয়োজন নেই।

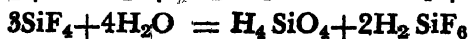
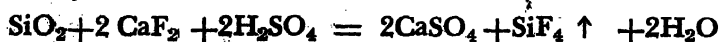
(*ii*) পরীক্ষণীয় বস্তুর সাথে CaF_2 গুঁড়া ও গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে লেই তৈরী কর। তারপর কাচদণ্ডের আগায় সেই লেই কিছুটা লাগিয়ে বুনসেন দীপ শিখার ঠিক বাইরে ধর—লেই সবুজ শিখায় পুড়বে।

$$CaF_2+H_2SO_4 = CaSO_4+HF$$
$$Na_2B_4O_7+H_2SO_4 \rightleftharpoons 2\,B_2O_3+Na_2SO_4+H_2O$$
$$B_2O_3+6\,HF \rightleftharpoons 2\,BF_3+3\,H_2O$$

(খ) সিলিকেটের জন্য পরীক্ষাঃ একটি সীসার (লেড) মুচিতে 0·2 গ্রাম পরীক্ষণীয় বস্তু নাও, 0·1 গ্রাম CaF_2-র গুঁড়া এবং 5 ফোঁটা গাঢ় H_2SO_4 মেশাও। তারপর মুচিটি ঢাকনা দিয়ে ঢাক। ঢাকনার উপর একটা ছোট ফুটো থাকবে। মুচিকে সাবধানে অল্প গরম করলে সেই ফুটো দিয়ে SiF_4 গ্যাস বের হয়ে আসবে। একটা প্লাটিনাম তারের রিং তৈরী করে তার মধ্যে এক ফোঁটা জল নিয়ে ঐ ফুটোর উপর ধরলে স্বচ্ছ জলের ফোঁটা ঘোলাটে হয়ে যাবে।

বিঃ দ্রঃ—যদি সিলিকো ফ্লোরাইড থাকে, তাহলে CaF_2 মেশাবার প্রয়োজন নেই, অর্থাৎ যদি CaF_2 না মিশিয়ে উপরিউক্ত পরীক্ষা করে ফল পাওয়া যায় তাহলে বুঝতে হবে সিলিকো ফ্লোরাইড আছে।

জলের ঐ ঘোলাটে ফোঁটা নিয়ে অ্যামোনিয়াম মলিবডেট-বেনজিডিন পরীক্ষা অথবা অ্যামোনিয়াম মলিবডেট-স্ট্যানাস ক্লোরাইড পরীক্ষা করে আরও নির্ভুলভাবে সিলিকেটের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়।

$$SiO_2 + 2\,CaF_2 + 2H_2SO_4 = 2CaSO_4 + SiF_4 \uparrow + 2H_2O$$

$$3SiF_4 + 4H_2O = H_4SiO_4 + 2H_2SiF_6$$

অ্যাসিডীয় মূলকগুলির (অ্যানায়ন) আর্দ্র পরীক্ষা (Wet tests for acid radicals)

8, 3. অ্যানায়নগুলির শ্রেণীবিভাগ

প্রকৃতপক্ষে অ্যানায়নগুলির শ্রেণীগতভাবে অথবা প্রত্যেকটির পৃথকীকরণের কোন রীতিবদ্ধ বিশ্লেষণ এখন পর্যন্ত কেহ উল্লেখ করেন নাই। নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে কতকগুলি বিক্রিয়া অবশ্য অ্যানায়নগুলির উপস্থিতি সম্বন্ধে ভাল আভাস (indication) দেয় এবং পরবর্তী স্তরে প্রত্যেক অ্যানায়নের জন্য নির্দিষ্ট বিকারকের সাহায্য নিতে হয় এবং তাদের উপস্থিতি সপ্রমাণ করতে হয়। অ্যানায়নগুলির প্রাথমিক পরীক্ষা সম্বন্ধে আগেই আলোচনা করা হয়েছে। এখন কিছু বিশেষ পরীক্ষার কথা আলোচনা করব, তারপর প্রত্যেক অ্যানায়নের আর্দ্র বিক্রিয়া নিয়ে আলোচনা করব।

বিভিন্ন সিলভার ও বেরিয়াম লবণের দ্রবণীয়তার বিচারে অ্যানায়নগুলির একটা মোটামুটি শ্রেণী বিভাগ করা হলঃ

(ক) $AgNO_3$ দ্রবণ সাদা অথবা হলুদ অধঃক্ষেপ দেয়, লঘু HNO_3-এ অদ্রবণীয়, $BaCl_2$ দ্রবণ কোন অধঃক্ষেপ দেয় নাঃ Cl^-, Br^-, I^-, CNS^-

(খ) $AgNO_3$ দ্রবণ সাদা অথবা কাল অধঃক্ষেপ দেয়, লঘু HNO_3-এ দ্রবণীয়, $BaCl_2$ দ্রবণ কোন অধঃক্ষেপ দেয় নাঃ NO_2^-, S^{2-}

(গ) $AgNO_3$ দ্রবণ ও $BaCl_2$ দ্রবণ উভয়ে অধঃক্ষেপ দেয়, লঘু HNO_3-এ দ্রবণীয়ঃ CO_3^{2-}, SO_3^{2-}, BO_3^{3-}, PO_4^{3-} (Ag_3PO_4, হলুদ), AsO_3^{3-} (Ag_3AsO_3, হলুদ), AsO_4^{3-} (Ag_3AsO_4, চকোলেট), CrO_4^{2-} (Ag_2CrO_4, লাল), SiO_3^{2-} (Ag_2SiO_3, কমলা), $S_2O_3^{2-}$ ($Ag_2S_2O_3$, সাদা $\xrightarrow{\text{গরম করলে ভেঙ্গে যায়}}$ Ag_2S, কাল)।

(ঘ) $BaCl_2$ দ্রবণ অধঃক্ষেপ দেয়, $AgNO_3$ দ্রবণ অধঃক্ষেপ দেয় নাঃ SO_4^{2-} (গাঢ় HCl-এ অদ্রবণীয়), F^- (গাঢ় HCl-এ দ্রাব্য)।

(ঙ) $BaCl_2$ দ্রবণ ও $AgNO_3$ দ্রবণ উভয়ে অধঃক্ষেপ দেয় নাঃ NO_3^-, ClO_3^-, ClO_4^-, MnO_4^-

§ 4. অ্যানায়নগুলির পরীক্ষার জন্য পরীক্ষণীয় লবণের দ্রবণ প্রস্তুতিঃ

পরীক্ষণীয় লবণ যদি পাতিত জলে* দ্রবণীয় হয় তাহলে ঐ দ্রবণ নিয়ে সরাসরি অ্যানায়নগুলির আর্দ্র পরীক্ষা করা যায়, কিন্তু পরীক্ষণীয় লবণ যদি জলে দ্রবণীয় না হয় তাহলে ঐ লবণের দ্বিগুণ পরিমাণ কঠিন Na_2-CO_3 মিশিয়ে পাতিত জল দ্বারা 10 মিনিট ফোটাতে হয়। একটি পর্সেলীন পাত্রে অথবা ছোট বীকারে এ কাজ করা হয়। ফুটন্ত দ্রবণের আয়তন কমে গেলে পাতিত জল মিশিয়ে আয়তন ঠিক রাখা হয়। বিপরিবর্ত বিয়োজনের ফলে (double decomposition) গুরু ধাতুর কার্বনেট, ক্ষারকীয় কার্বনেট এবং কোন কোন ক্ষেত্রে হাইড্রোক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং পরীক্ষণীয় লবণে অবস্থিত অ্যানায়নগুলি সোডিয়াম লবণ রূপে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। অন্যভাবে, পরীক্ষণীয় লবণ কঠিন Na_2CO_3 সহ গলন ক্রিয়ার (fusion reaction) পরে কিছু পরিমাণ পাতিত জল মিশিয়ে গরম করে নিলে একই প্রকার ফল পাওয়া যায়। উন-পরিমাণ বিশ্লেষণে প্লাটিনাম তারের বলয়ে Na_2CO_3 গুটিকা দ্বারা গলন ক্রিয়া করা যায়।

এরপর ছাঁকন কাগজের সাহায্যে অথবা অপকেন্দ্র প্রক্রিয়ায় অধঃক্ষেপ হতে দ্রবণকে পৃথক করা হয়।

এই দ্রবণকে **"সোডিয়াম কার্বনেট নির্যাস"** (Na_2CO_3 extract) বলে। দ্রবণে অতিরিক্ত Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকায় দ্রবণ খুবই ক্ষারকীয় হয়, সেজন্য দ্রবণকে দু-ভাগে ভাগ করে নেওয়া হয়। একভাগ দ্রবণ নিয়ে **"প্রশমিত সোডিয়াম কার্বনেট নির্যাস"** তৈরী করা হয়ঃ ক্রমান্বয়ে একটু-একটু করে লঘু HNO_3(†) মিশিয়ে দ্রবণকে সামান্য অ্যাসিডীয় করা হয় (লিটমাস কাগজ) এবং গরম করে সমস্ত CO_2 দ্রবণ হতে বিতাড়িত করতে হয়। এখন ঠাণ্ডা করে ফোঁটা ফোঁটা লঘু NH_4OH মিশিয়ে দ্রবণকে সামান্য ক্ষারকীয় (লিটমাস কাগজ) করা হয় এবং দ্রবণ ফুটিয়ে অতিরিক্ত NH_4OH তাড়িয়ে দেওয়া হয়।

কিছু ধাতব আয়ন (Pb, Al, Cr, Zn, As, Sb, Sn ইত্যাদি) Na_2CO_3

* অ্যানায়নগুলির আর্দ্র বিশ্লেষণের সময় দ্রবণ তৈরীর জন্য কলের জল ব্যবহার করা উচিত নয়। সর্বদাই পাতিত জল ব্যবহার করা উচিত। কলের জলে ক্লোরিন মেশানো থাকতে পারে।

† নাইট্রাইট ও নাইট্রেটের পরীক্ষা করার সময় লঘু H_2SO_4 দিয়ে প্রশমন করা হয়।

সহ ফোটাবার সময় সম্পূর্ণ অথবা আংশিকভাবে দ্রবীভূত হয়। প্রশমন প্রক্রিয়াকালে ঐ সকল ধাতুগুলির অধঃক্ষিপ্ত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। যদি প্রশমনকালে অধঃক্ষেপণ হয়, তাহলে ছাঁকন দ্বারা তা পৃথক করে নেওয়া হয়।

জলে অদ্রবণীয় সালফাইড, সালফাইট ও থায়োসালফেট থাকলে প্রশমিত সোডিয়াম কার্বনেট নির্যাস নিয়ে তাদের আর্দ্র পরীক্ষা করা চলে না, মূল সোডিয়াম কার্বনেট নির্যাস নিয়ে বিশেষভাবে পরীক্ষা করতে হয়; কারণ প্রশমিত করার সময় তারা বিযোজিত হয়ে যায়।

8, 5. মূল সোডিয়াম কার্বনেট নির্যাস নিয়ে পরীক্ষা:

(*i*) প্রথম ভাগ দ্রবণে দু-ফোঁটা টাট্‌কা তৈরী সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ মেশান হয়—রক্ত বেগুনী রঙের দ্রবণ—সালফাইড।

(*ii*) দ্বিতীয় ভাগ দ্রবণে লঘু HCl মেশান হয়—গন্ধক পোড়া গন্ধ*, সালফার অধঃক্ষেপ—থায়োসালফেট বিশেষভবে পরীক্ষা 8, 20. পরিচ্ছেদ দেখ।

প্রশমিত সোডিয়াম কার্বনেট নির্যাস নিয়ে ক্রমান্বয়ে $AgNO_3$, $BaCl_2$, $CaCl_2$ ও $FeCl_3$ দ্রবণ মিশিয়ে পরীক্ষা করা হয়। $AgNO_3$ ও $BaCl_2$ দ্রবণ মিশিয়ে অ্যানায়নগুলির শ্রেণীবিভাগ আগেই আলোচনা করা হয়েছে। এখন শুধু $CaCl_2$ ও $FeCl_3$ দ্রবণ মিশিয়ে কয়েকটি পরীক্ষার উল্লেখ করব:

(1) প্রশমিত দ্রবণ + $FeCl_3$ দ্রবণ—নীল অধঃক্ষেপ—$H_4Fe(CN)_6$

(2) প্রশমিত দ্রবণ + H_2SO_3 + $FeCl_3$ দ্রবণ—নীল অধঃক্ষেপ—$H_3Fe(CN)_6$

(3) প্রশমিত দ্রবণ + $FeCl_3$ দ্রবণ—রক্তলাল দ্রবণ, HCl মেশালে নষ্ট হয় না, $HgCl_2$ দ্রবণ মেশালে নষ্ট হয়ে যায়—HCNS

(4) প্রশমিত দ্রবণ + $CaCl_2$ দ্রবণ—সাদা অদ্রবণীয় অধঃক্ষেপ, ছেঁকে শুষ্ক করে গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে ফ্লোরাইডের পরীক্ষা কর—HF

প্রাথমিক স্তরে ঐ শুষ্ক ও আর্দ্র পরীক্ষা অ্যানায়নগুলির উপস্থিতি নির্ণয়ে খুবই সহায়তা করে। অ্যানায়নগুলির উপস্থিতি সপ্রমাণ করার

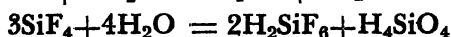
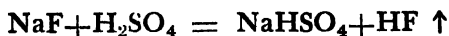
* এখানে CO_2 খুব বেশী থাকার জন্য গন্ধক পোড়া গন্ধ ভাল পাওয়া যায় না, অথবা অ্যাসিডীয় ডাইক্রোমেট কাগজ সবুজ করে না। শুধু থায়োসালফেট আছে কিনা আভাস পাওয়া যায়।

জন্য এরপর প্রত্যেক অ্যানায়নের জন্য বিশেষ পরীক্ষা করা হয়। একাধিক একই শ্রেণীর অ্যানায়ন মিশ্রণে থাকলে বিশেষ বিকারকের সাহায্যে তাদের পৃথক করা হয়। এই সমস্ত পরীক্ষাগুলি পরবর্তী স্তরে দেওয়া হল।

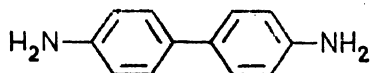
8, 6. F^-, ফ্লোরাইড আয়নের বিক্রিয়া

NaF অথবা NH_4F ব্যবহার করঃ

1. **গাঢ় H_2SO_4ঃ** 0·05 গ্রাম পরীক্ষণীয় বস্তুর সাথে 0·1 গ্রাম SiO_2* এবং 3—4 ফোঁটা গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে একটু গরম কর। একটা সরু কাচ-নলে এক ফোঁটা জল নিয়ে নির্গত গ্যাসের উপর ধর। জলের ফোঁটা অনচ্ছ ও আঁঠাল হয়ে যায়, নির্গত SF_4 গ্যাস জলের সংস্পর্শে জল বিশ্লেষের ফলে আঁঠাল H_4SiO_4 উৎপন্ন করে।

$$NaF+H_2SO_4 = NaHSO_4+HF\uparrow$$
$$HF+SiO_2 = SiF_4\uparrow +2H_2O$$
$$3SiF_4+4H_2O = 2H_2SiF_6+H_4SiO_4$$

মন্তব্যঃ Al এবং B থাকলে বিঘ্ন ঘটতে পারে।

2. **নীল বেনজিডিন** (Benzidine) **পরীক্ষাঃ** 1নং পরীক্ষা অনুসারে

$$H_2N-C_6H_4-C_6H_4-NH_2$$

সিলিসিক এবং ফ্লোসিলিসিক অ্যাসিড তৈরী কর। তারপর ঐ জলের ফোঁটা জল দ্বারা ধুয়ে একটা ছোট মুচিতে নাও, 2 ফোঁটা অ্যামোনিয়াম মলিবডেট বিকারক দ্রবণ মেশাও, এবং গরম কর যতক্ষণ পর্যন্ত না বুদবুদন আরম্ভ হয়। ঠান্ডা কর, এক ফোঁটা বেনজিডিন দ্রবণ ও কয়েক ফোঁটা সম্পৃক্ত সোডিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ মেশাও। নীল রঙের দ্রবণ পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—1 মাইক্রোগ্রাম F^-। গাঢ়ত্ব সীমা—1 ঃ 50,000

বিকারক দ্রবণঃ বেনজিডিন দ্রবণ—10% CH_3COOH দ্রাবকে 1% দ্রবণ।

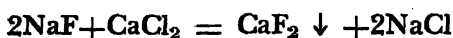
অ্যামোনিয়াম মলিবডেট—1·5 গ্রাম বিকারক 30 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করে (কিছু পরিমাণ NH_4OH যোগ কর) 10 মি. লি. গাঢ় HNO_3 মধ্যে ঢেলে দাও।

---

* কাচ-নলে এই পরীক্ষা করলে SiO_2 মেশাবার প্রয়োজন হয় না। কাচ-নল থেকেই HF গ্যাস SiO_2 গ্রহণ করে।

মন্তব্যঃ সিলিসিক এবং ফ্লোসিলিসিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াম মলিবডেটের সাথে বিক্রিয়া করে সিলিকো-মলিবডিক অ্যাসিড $H_4[SiMo_{12}O_{40}]$ উৎপন্ন করে। অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণে বেনজিডিনকে সিলিকো-মলিবডিক অ্যাসিড (মলিবডিক অ্যাসিড পারে না) জারিত করে একটা নীল রঙের রঞ্জন তৈরী করে; একই সাথে নীল মলিবডেনাম (Molybdenum blue) তৈরী হয়।

3. $CaCl_2$ **দ্রবণঃ** সাদা CaF_2 অধঃক্ষেপ, লঘু HCl-এ কিছু দ্রবণীয়।

$$2NaF+CaCl_2 = CaF_2\downarrow +2NaCl$$

4. **জারকোনিয়াম—অ্যালিজারিন সালফোনেট পরীক্ষাঃ** স্পট্ প্লেটে 2 ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ ও এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। বিকারক দ্রবণের রঙ লাল থেকে হলুদ হয়ে যায়। বিকারক শোষিত ছাঁকন কাগজে এই পরীক্ষা করা যায়।

সুবেদিতা—8 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 6250

বিকারক দ্রবণঃ 0·7 গ্রাম সোডিয়াম অ্যালিজারিন সালফোনেট এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর। 3·5 গ্রাম $ZrO(NO_3)_2$ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর। পরীক্ষা করার ঠিক আগেই একই আয়তনে ঐ দুই দ্রবণকে মেশান হয়।

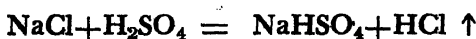
বিকারক শোষিত ছাঁকন কাগজ তৈরীর জন্য অ্যালকোহলে বিকারক দ্রবীভূত করতে হয়।

মন্তব্যঃ জারকোনিয়াম লবণ Na-অ্যালিজারিন সালফোনেটের সাথে লাল lake তৈরী করে। ফ্লোরাইড আয়ন জারকোনিয়ামের জটিল ZrF_6^{2-} তৈরী করে এবং লাল রঙ হলুদ হয়ে যায়।

8, 7. Cl^-, ক্লোরাইড আয়নের বিক্রিয়া

NaCl ব্যবহার করঃ

1. **গাঢ় H_2SO_4ঃ** কঠিন লবণ সহ গরম করলে বর্ণহীন HCl গ্যাস নির্গত হয়, নীল লিটমাস কাগজ লাল হয়ে যায়, NH_4OH সিক্ত কাচের দণ্ড ধরলে NH_4Cl-র সাদা ধূম উৎপন্ন হয়।

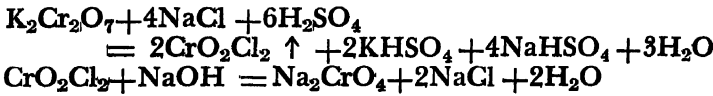
$$NaCl+H_2SO_4 = NaHSO_4+HCl\uparrow$$

2. **MnO_2 + গাঢ় H_2SO_4ঃ** কঠিন লবণ সহ সামান্য গরম করলে Cl_2 গ্যাস নির্গত হয়, পীতাভ রঙ, শ্বাস রোধ করে, KI-স্টার্চ সিক্ত কাগজকে নীল করে।

$$MnO_2+4HCl = MnCl_2+Cl_2\uparrow +2H_2O$$

3. **ক্রোমিল ক্লোরাইড পরীক্ষাঃ** একটি পরীক্ষা-নলে কয়েকটা দানা

পরীক্ষণীয় লবণ নাও, কিছু $K_2Cr_2O_7$ গুঁড়া যোগ কর এবং 2—3 ফোঁটা গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে পরীক্ষা-নলের মুখ ছিপি দিয়ে বন্ধ করে দাও। ছিপির মধ্যে থাকবে সরু বাঁকানো কাচের নল। বাঁকানো কাচনলের অন্য-মুখটা আর একটা পরীক্ষা-নলে রাখা লঘু $NaOH$ দ্রবণের মধ্যে চোবানো থাকবে। এখন পরীক্ষণীয় বস্তুর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে গাঢ় লাল ক্রোমিল ক্লোরাইড CrO_2Cl_2 নির্গত হয়ে কাচনলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে $NaOH$ দ্রবণে দ্রবীভূত হবে এবং হলুদ রঙের দ্রবণ (Na_2CrO_4) উৎপন্ন করবে। এই ক্রোমেট দ্রবণ H_2SO_4 দ্বারা অ্যাসিডীয় করে ডাইফিনাইল কার্বাজাইড বিকারক (8, 55 পরিচ্ছেদ, 5নং বিক্রিয়া দেখ) দ্রবণ দ্বারা পরীক্ষা করা হয়—বেগুনী রঙের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই ক্রোমেট দ্রবণ নিয়ে CH_3COOH দ্বারা অ্যাসিডীয় করে $Pb(CH_3COO)_2$ দ্রবণ মেশালে হলুদ $PbCrO_4$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে (8,42 পরিচ্ছেদ, 3নং বিক্রিয়া দেখ)।

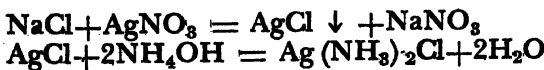
$$K_2Cr_2O_7+4NaCl+6H_2SO_4 = 2CrO_2Cl_2\uparrow+2KHSO_4+4NaHSO_4+3H_2O$$
$$CrO_2Cl_2+NaOH = Na_2CrO_4+2NaCl+2H_2O$$

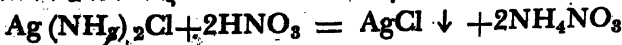
সুবেদিতা—1·5 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 33,000

বিকারক দ্রবণ : 1% ডাইফিনাইল কার্বাজাইড অ্যালকোহলীয় দ্রবণ (ব্রোমাইড থাকলে কিছু ফেনল মেশান হয়)।

মন্তব্য : F^- একই প্রকার CrO_2F_2 উৎপন্ন করে। NO_2^- এবং NO_3^- থাকলে $NOCl$ তৈরী করে বিঘ্ন ঘটায়, Br^- এবং BrO_3^- থাকলে ব্রোমিন গ্যাস নির্গত হয়, I^- থাকলে I_2 নির্গত হয়। $HgCl_2$ এবং Hg_2Cl_2 এই ধরনের বিক্রিয়া ঘটায় না। $PbCl_2$, $AgCl$, $SbCl_3$ এবং $SnCl_2$ থাকলে আংশিক বিক্রিয়া হয়।

ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের উপস্থিতিতে ক্রোমিল ক্লোরাইড পরীক্ষা : পরীক্ষণীয় লবণ কিছু PbO_2 এবং লঘু CH_3COOH-র সাথে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে আয়োডিন গ্যাস নির্গত হয়। সমস্ত আয়োডিন বের হয়ে গেলে পর কঠিন অবশেষ নিয়ে ক্রোমিল ক্লোরাইড পরীক্ষা করা হয়।

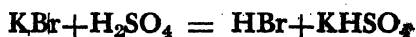
4. $AgNO_3$ **দ্রবণ :** সাদা দধির ন্যায় $AgCl$ অধঃক্ষেপ, রোদে রাখলে বিয়োজিত হয়, লঘু HNO_3-এ অদ্রবণীয়, লঘু NH_4OH দ্রবণে দ্রবণীয়।

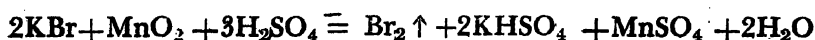
$$NaCl+AgNO_3 = AgCl\downarrow+NaNO_3$$
$$AgCl+2NH_4OH = Ag(NH_3)_2Cl+2H_2O$$

জটিল অ্যামিন দ্রবণে লঘু HNO_3 মেশালে পুনরায় $AgCl$ অধঃক্ষেপণ হয়।

$$Ag(NH_3)_2Cl+2HNO_3 = AgCl\downarrow+2NH_4NO_3$$

8, 8. Br^-, ব্রোমাইড আয়নের পরীক্ষা:

KBr ব্যবহার কর:

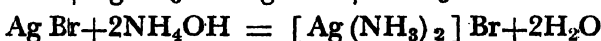
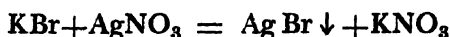
1. গাঢ় H_2SO_4: কঠিন ব্রোমাইড লবণে গাঢ় H_2SO_4 মেশালে প্রথমে লাল্‌চে বাদামী দ্রবণ তৈরী হয়, তারপর ঐ দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে HBr গ্যাস সহ বাদামী Br_2 গ্যাস নির্গত হয়। ঝাঁঝালো গন্ধ।

$$KBr + H_2SO_4 = HBr + KHSO_4$$
$$HBr + H_2SO_4 \rightleftharpoons Br_2\uparrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$$

2. MnO_2 + গাঢ় H_2SO_4: কঠিন লবণ সহ সামান্য গরম করলে লালচে বাদামী Br_2 গ্যাস নির্গত হয়। এই নির্গত গ্যাস ফ্লোরেসিন কাগজ লাল করে, CS_2 দ্রবণ হলুদ করে।

$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = Br_2\uparrow + 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

3. ক্লোরিন-জল: পরীক্ষণীয় দ্রবণে ক্লোরিন-জল মিশিয়ে কিছু CS_2 সহ ঝাঁকালে CS_2-স্তর বাদামী হয়ে যায়।

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$

4. $AgNO_3$ দ্রবণ: ফিকে হলুদ দধির ন্যায় AgBr অধঃক্ষেপ, লঘু HNO_3 দ্বারা অদ্রবণীয়, লঘু NH_4OH দ্রবণে আংশিক দ্রবণীয়, গাঢ় NH_4OH দ্রবণে সম্পূর্ণ দ্রবণীয়।

$$KBr + AgNO_3 = AgBr\downarrow + KNO_3$$
$$AgBr + 2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]Br + 2H_2O$$

5. ফ্লোরেসিন পরীক্ষা: পরীক্ষা-নলে পরীক্ষণীয় কঠিন লবণ নাও, কিঞ্চিৎ PbO_2 এবং CH_3COOH মিশিয়ে গরম কর। ফ্লোরেসিন কাগজ নিয়ে নির্গত Br_2 গ্যাসের মধ্যে ধর। ফ্লোরেসিন কাগজ লাল হয়ে যায়। সুবেদিতা—2 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 25,000

বিকারক কাগজ: 1 : 1 অ্যালকোহল মিশিয়ে সম্পৃক্ত ফ্লোরেসিন দ্রবণ তৈরী কর। ঐ দ্রবণে ছাঁকন কাগজ সিক্ত করে শুকিয়ে নিলে বিকারক কাগজ তৈরী হয়।

মন্তব্য: Cl^- বিঘ্ন ঘটায় না, I^- একই ধরনের বিক্রিয়া ঘটায় সেজন্য ক্ষারকীয় দ্রবণে $KMnO_4$ দ্বারা I^--কে IO_3^--তে রূপান্তরিত করে নিতে হয়।

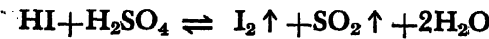
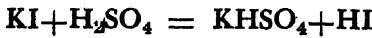
6. ফুক্‌সিন্‌ পরীক্ষা: আগের যে কোন পদ্ধতি দ্বারা নির্গত Br_2 গ্যাস মধ্যে ফুক্‌সিন্‌ সালফাইট কাগজ ধরলে নীল অথবা রক্ত বেগুনী রঙ দেখতে পাওয়া যায়।

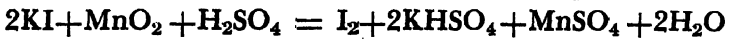
সংবেদিতা—3·2 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 15,000
বিকারক কাগজ : 0·1% ফুক্সিন্ দ্রবণ $NaHSO_3$ দ্বারা বর্ণহীন করা হয়। ঐ দ্রবণে সিক্ত ছাঁকন কাগজ ব্যবহার করা হয়।
মন্তব্য : Cl^- এবং I^- বিঘ্ন ঘটায় না।

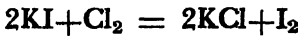
8. 9, I^-, আয়োডাইড আয়নের বিক্রিয়া :

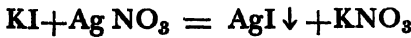
KI ব্যবহার কর :

1. গাঢ় H_2SO_4 : কঠিন লবণ সহ গরম করলে রক্ত বেগুনী I_2 গ্যাস নির্গত হয়, স্টার্চ দ্রবণ সিক্ত কাগজ নীল হয়।

$$KI + H_2SO_4 = KHSO_4 + HI$$
$$HI + H_2SO_4 \rightleftharpoons I_2\uparrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$$

2. MnO_2 + গাঢ় H_2SO_4 : কঠিন লবণ সহ গরম করলে I_2 গ্যাস নির্গত হয়।

$$2KI + MnO_2 + H_2SO_4 = I_2 + 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

3. **ক্লোরিন-জল :** পরীক্ষণীয় দ্রবণে এই বিকারক দ্রবণ মিশিয়ে কিছু CS_2 সহ ঝাঁকালে CS_2-স্তর রক্ত বেগুনী হয়ে যায়।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

4. $AgNO_3$ **দ্রবণ :** ফিকে হলুদ AgI অধঃক্ষেপ, লঘু HNO_3 এবং NH_4OH-এ অদ্রবণীয়।

$$KI + AgNO_3 = AgI\downarrow + KNO_3$$

8, 10. ক্লোরাইড, ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড মিশ্রণের পৃথকীকরণ ও সনাক্তকরণ :

Na_2CO_3-নির্যাস নাও, HCl মিশিয়ে ভালভাবে অ্যাসিডীয় কর, তারপর কিছু ক্লোরিন-জল মেশাও এবং ঐ মিশ্রণে CCl_4 যোগ করে ঝাঁকাও। রক্ত বেগুনী CCl_4-স্তর হলে বুঝতে হবে আয়োডাইড আছে। ক্রমান্বয়ে ক্লোরিন-জল মিশিয়ে এবং ঝাঁকিয়ে আয়োডাইডকে সম্পূর্ণরূপে আয়োডেটে রূপান্তরিত কর, তাহলে CCl_4 স্তর আর রক্ত বেগুনী থাকবে না, বর্ণহীন হবে যদি ব্রোমাইড না থাকে; ব্রোমাইড থাকলে CCl_4 স্তর লালাভ বাদামী রঙের হবে।

এই ভাবে পরীক্ষা করে যদি জানা যায় যে, ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড উভয়ে উপস্থিত আছে, তাহলে পরীক্ষণীয় দ্রবণ (Na_2CO_3-নির্যাস) CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করে PbO_2 যোগ করে উত্তপ্ত করলে Br_2 এবং I_2 উভয়েই নির্গত হয়ে দূরীভূত হবে। এখন এই দ্রবণ ছেঁকে

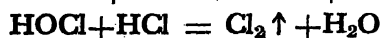
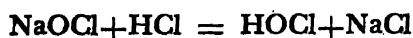
নিয়ে $AgNO_3$ দ্রবণ ও HNO_3 মিশিয়ে দ্রবণে ক্লোরাইডের উপস্থিতি সপ্রমাণ করা হয়।

অন্যভাবে, প্রথমে Na_2CO_3-নির্যাস লঘু H_2SO_4 দ্বারা অ্যাসিডীয় করে নিয়ে ফেরিক অ্যামোনিয়াম সালফেট সহযোগে ফোটালে I_2 গ্যাস নির্গত হয়। সমস্ত I_2 বের হয়ে গেলে দ্রবণে কয়েকটা $KMnO_4$ দানা মিশিয়ে পুনরায় ফোটান হয়—তখন Br_2 গ্যাস নির্গত হয়। এইভাবে সমস্ত Br_2 গ্যাস বের হয়ে গেলে পর দ্রবণটি ছেঁকে নিয়ে $AgNO_3$ দ্রবণ মিশিয়ে পরীক্ষা করা হয়। যদি সাদা AgCl অধঃক্ষেপ হয়, তাহলে বুঝতে হবে দ্রবণে ক্লোরাইড আছে।

8, 11. ClO^-, হাইপোক্লোরাইট আয়নের বিক্রিয়া :

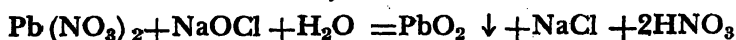
NaOCl ব্যবহার কর :

1. **লঘু HCl :** দ্রবণটি হলুদ রঙের হয়ে যায়, বুদবুদন আরম্ভ হয়, Cl_2 গ্যাস বের হতে থাকে। Cl_2 গ্যাস স্টার্চ—KI সিক্ত কাগজকে নীল করে।

$$NaOCl+HCl = HOCl+NaCl$$
$$HOCl+HCl = Cl_2\uparrow+H_2O$$

2. **স্টার্চ—KI সিক্ত কাগজ :** লঘু ক্ষারকীয় দ্রবণে I_2 মুক্ত হয়ে বিকারক কাগজকে নীল করে।

$$2KI+NaOCl+H_2O = I_2\uparrow+2KOH+NaCl$$

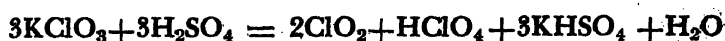
3. **$Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ :** ফোটালে বাদামী PbO_2 অধঃক্ষেপ।

$$Pb(NO_3)_2+NaOCl+H_2O = PbO_2\downarrow+NaCl+2HNO_3$$

4. **$AgNO_3$ দ্রবণ :** সাদা AgCl অধঃক্ষেপ।

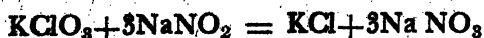
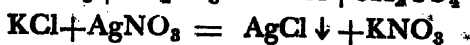
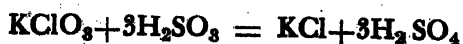
8, 12. ClO_3^-, ক্লোরেট আয়নের বিক্রিয়া

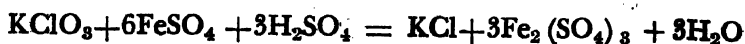
$KClO_3$ ব্যবহার কর :

1. **গাঢ় H_2SO_4** (সাবধান, বিপদ !)—কঠিন লবণ বিযোজিত হয়ে ClO_2 গ্যাস সৃষ্টি করে এবং গাঢ় H_2SO_4-এ দ্রবীভূত হয়ে কমলা রঙের দ্রবণ উৎপন্ন করে। গরম করলে বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা থাকে। অল্প গরম করলে চিড় চিড় শব্দ হয়।

$$3KClO_3+3H_2SO_4 = 2ClO_2+HClO_4+3KHSO_4+H_2O$$

2. **$AgNO_3$ দ্রবণ :** কোন অধঃক্ষেপণ হয় না। পরীক্ষণীয় দ্রবণ H_2SO_3 অথবা $NaNO_2$ দ্রবণ দ্বারা বিজারিত করে নিলে পর $AgNO_3$-র সাথে সাদা AgCl অধঃক্ষেপ দেয়।

$$KClO_3+3NaNO_2 = KCl+3NaNO_3$$

$$KClO_3 + 3H_2SO_3 = KCl + 3H_2SO_4$$
$$KCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + KNO_3$$

3. $FeSO_4$ দ্রবণঃ লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে বিজারিত হয়ে ক্লোরাইড তৈয়ার করে ($KClO_4$ হতে পার্থক্য)।

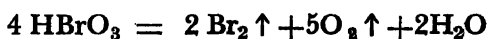
$$KClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 = KCl + 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

4. KI দ্রবণঃ লঘু খনিজ অ্যাসিডের উপস্থিতিতে I_2 মুক্ত হয়। যদি CH_3COOH ব্যবহার করা হয়, তাহলে I_2 মুক্ত হয় না (আয়োডেট হতে পার্থক্য)।

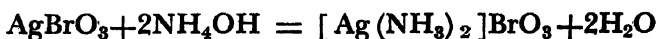
5. ইনডিগো পরীক্ষা ($C_{16}H_{10}O_2N_2$)ঃ গাঢ় H_2SO_4-এ বিকারক দ্রবণ নিয়ে পরীক্ষণীয় দ্রবণে মেশাও যতক্ষণ না দ্রবণের ফিকে নীল রঙ হয়। লঘু H_2SO_3 ফোঁটা ফোঁটা যোগ কর, নীল রঙ অদৃশ্য হয়ে যাবে।

8, 13. BrO_3^-, ব্রোমেট আয়নের বিক্রিয়াঃ

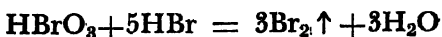
$KBrO_3$ ব্যবহার করঃ

1. গাঢ় H_2SO_4ঃ Br_2 এবং O_2 উভয়ে নির্গত হয়।

$$4\,HBrO_3 = 2\,Br_2\uparrow + 5O_2\uparrow + 2H_2O$$

2. $AgNO_3$ দ্রবণঃ পরীক্ষণীয় লবণের গাঢ় দ্রবণ হতে সাদা কেলাসযুক্ত $AgBrO_3$ অধঃক্ষেপ, গরম জলে ও লঘু NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

$$AgBrO_3 + 2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]BrO_3 + 2H_2O$$

যদি $AgBrO_3$ অধঃক্ষেপকে H_2SO_3 দ্বারা বিজারিত করা হয় তাহলে AgBr লঘু NH_4OH-এ দ্রবণীয় হবে না, গাঢ় NH_4OH-এ দ্রবণীয় হবে (আয়োডেট হতে পার্থক্য)।

3. HBrঃ পরীক্ষণীয় দ্রবণ KBr-র সাথে মিশিয়ে লঘু H_2SO_4 দ্বারা অ্যাসিডীয় করলে Br_2 মুক্ত হয়।

$$HBrO_3 + 5HBr = 3Br_2\uparrow + 3H_2O$$

4. $MnSO_4$-বেনজিডিন পরীক্ষাঃ ছোট পরীক্ষা-নলে খানিকটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও 2 ফোঁটা $MnSO_4$ দ্রবণ মেশাও, 2—3 মিনিট গরম কর, ঠাণ্ডা কর, কয়েক ফোঁটা বেনজিডিন বিকারক এবং কয়েক দানা CH_3COONa যোগ কর। নীল রঙের দ্রবণ হলে বুঝতে হবে ব্রোমেট আছে।

সুবেদিতা—30 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 2,500

বিকারক দ্রবণঃ 2N-H_2SO_4-এ 2% $MnSO_4$ দ্রবীভূত কর। 0·05 গ্রাম বেনজিডিন 10 মি. লি. গ্লেসিয়াল CH_3COOH-এ দ্রবীভূত কর এবং জল

মিশিয়ে 100 মি. লি. আয়তন কর। প্রয়োজন হলে ছেঁকে নাও।
মন্তব্য: ClO_3^- এবং IO_3^- বিঘ্ন ঘটায় না।

8, 14. IO_3^-, আয়োডেট আয়নের বিক্রিয়া

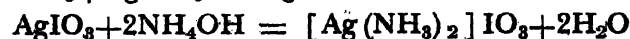
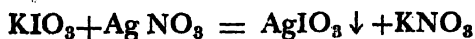
KIO_3 ব্যবহার কর:

1. **গাঢ় H_2SO_4:** বিজারক দ্রব্যের অনুপস্থিতিতে কোন বিক্রিয়া হয় না। $FeSO_4$ মেশালে HI উৎপন্ন হয়।

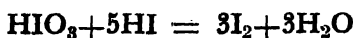
$$HIO_3+6FeSO_4+3H_2SO_4 = HI+3Fe_2(SO_4)_3+3H_2O$$

HI এবং HIO_3 মিশ্রণে I_2 মুক্ত হয়।

2. **$AgNO_3$ দ্রবণ:** সাদা দধির মত $AgIO_3$ অধঃক্ষেপ, লঘু NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

$$KIO_3+AgNO_3 = AgIO_3\downarrow+KNO_3$$
$$AgIO_3+2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]IO_3+2H_2O$$

ঐ জটিল দ্রবণ H_2SO_3 দ্বারা বিজারিত হলে ফিকে হলুদ AgI অধঃক্ষেপ দেয়, গাঢ় NH_4OH-এ অদ্রবণীয় (BrO_3^- হতে পার্থক্য)।

3. **KI দ্রবণ:** পরীক্ষণীয় দ্রবণ KI মিশিয়ে CH_3COOH দ্বারা অ্যাসিডীয় করলে I_2 মুক্ত হয়।

$$HIO_3+5HI = 3I_2+3H_2O$$

4. **হাইপোফসফোরাস অ্যাসিড-স্টার্চ দ্রবণ পরীক্ষা:** প্রথম পরীক্ষণীয় দ্রবণ এক ফোঁটা স্পট প্লেটে নাও, এক ফোঁটা স্টার্চ দ্রবণ ও এক ফোঁটা লঘু হাইপোফসফোরাস অ্যাসিড মেশাও। অস্থায়ী নীল রঙ উৎপন্ন হয়।
সুবেদিতা—1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 50,000

মন্তব্য: হাইপোফসফোরাস অ্যাসিড আয়োডেটকে শীঘ্র বিজারিত করে I_2 তৈরী করে, কিন্তু খুব ধীরে ধীরে I_2-কে বিজারিত করে I^- তৈরী করে।

5. **NH_4CNS দ্রবণ:** অ্যাসিডীয় দ্রবণে I_2 মুক্ত হয়।

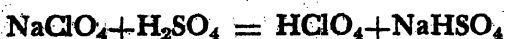
$$5CNS^-+6IO_3^-+6H^++2H_2O = 5HSO_4^-+5HCN+3I_2$$

সুবেদিতা—3 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 12,000

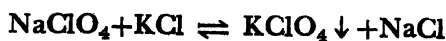
8, 15. ClO_4^-, পারক্লোরেট আয়নের বিক্রিয়া

$NaClO_4$ ব্যবহার কর:

1. **গাঢ় H_2SO_4:** বিক্রিয়াটি উপলব্ধি করা যায় না।

$$NaClO_4+H_2SO_4 = HClO_4+NaHSO_4$$

2. **KCl দ্রবণ:** সাদা $KClO_4$ অধঃক্ষেপ, অ্যালকোহলে অদ্রবণীয়।

NH_4Cl দ্রবণ একই প্রকার অধঃক্ষেপ দেয়।

$$NaClO_4 + KCl \rightleftharpoons KClO_4 \downarrow + NaCl$$

3. $AgNO_3$ **দ্রবণঃ** কোন অধঃক্ষেপণ হয় না।
4. $BaCl_2$ **দ্রবণঃ** কোন অধঃক্ষেপণ হয় না।
5. $FeSO_4$ **দ্রবণঃ** ClO_4^- বিজারিত হয় না (ClO_3^- হতে পার্থক্য)।

8, 16. ক্লোরাইড, ক্লোরেট এবং পারক্লোরেট মিশ্রণের পৃথকীকরণ এবং সনাক্তকরণঃ

পৃথক পৃথক ভাবে প্রত্যেক অ্যানায়নকে পরীক্ষা করে সপ্রমাণ করতে হবে। "Na_2CO_3-নির্যাস" কে তিন ভাগে ভাগ করঃ

(i) **ক্লোরাইড**—HNO_3 দ্বারা অ্যাসিডীয় করে দ্রবণ হতে CO_2 তাড়িয়ে দাও। $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ কর, সাদা AgCl অধঃক্ষেপ হলে বুঝতে হবে ক্লোরাইড আছে। $AgClO_3$ এবং $AgClO_4$ জলে দ্রবণীয়।

(ii) **ক্লোরেট**—HNO_3 দ্বারা অ্যাসিডীয় করে, $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করে অধঃক্ষিপ্ত AgCl ছেঁকে নাও। এখন দ্রবণে ক্লোরাইড মুক্ত $NaNO_2$ এবং অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ কর। সাদা AgCl অধঃক্ষেপ হলে বুঝতে হবে ক্লোরেট আছে।

(iii) **পারক্লোরেট**—দ্রবণে H_2SO_3 মিশিয়ে গরম কর; (ক্লোরেট বিজারিত হয়ে ক্লোরাইডে পরিণত হয়) দ্রবণকে ফুটিয়ে অতিরিক্ত SO_2 তাড়িয়ে দাও এবং Ag_2SO_4 দ্রবণ যোগ করে অধঃক্ষিপ্ত AgCl ছেঁকে নাও। এরপর Na_2CO_3 দ্রবণ মিশিয়ে অতিরিক্ত সিলভার সরিয়ে ফেল। পরিস্রুত দ্রবণ বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় শুষ্ক করে অল্প তাপে উত্তপ্ত কর। পারক্লোরেট বিযোজিত হয়ে ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। জলে ঐ ক্লোরাইড দ্রবীভূত করে $AgNO_3$ দ্রবণ ও লঘু HNO_3 মিশিয়ে পরীক্ষা কর।

8, 17. আয়োডেট এবং আয়োডাইড মিশ্রণের সনাক্তকরণঃ

আয়োডেট এবং আয়োডাইড মিশ্রণে লঘু অ্যাসিড যোগ করলে I_2 মুক্ত হয়। একা আয়োডেট অথবা একা আয়োডাইড থাকলে লঘু অ্যাসিডের মিশ্রণে I_2 মুক্ত হয় না।

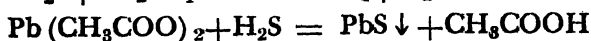
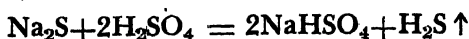
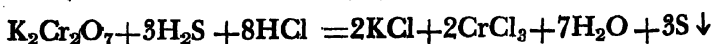
"প্রশমিত Na_2CO_3-নির্যাস"—নিয়ে ক্লোরিন-জল ও CS_2 মিশিয়ে আয়োডাইডের উপস্থিতি আগে জেনে নাও। যদি আয়োডাইড থাকে তাহলে প্রশমিত দ্রবণে Ag_2SO_4 দ্রবণ মিশিয়ে অধঃক্ষিপ্ত AgI ছেঁকে নাও। এরপর Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করে অতিরিক্ত Ag^+ আয়ন সরিয়ে ফেল।

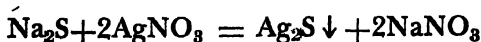
SO_2 গ্যাস দ্রবণে চালিত করে আয়োডেটকে আয়োডাইডে রূপান্তরিত কর, অতিরিক্ত SO_2 উত্তপ্ত করে তাড়িয়ে দাও। তারপর $AgNO_3$ দ্রবণ ও লঘু HNO_3 মেশাও। ফিকে হলুদ AgI অধঃক্ষেপ প্রমাণ করে দ্রবণে আয়োডেট আছে।

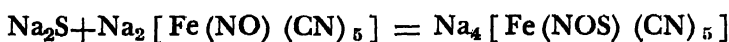
8, 18. S^{2-}, সালফাইড আয়নের বিক্রিয়া

$Na_2S, 9H_2O$ ব্যবহার কর:

1. লঘু H_2SO_4: বর্ণহীন গ্যাস, পচা ডিমের গন্ধ, ডাইক্রোমেট সিক্ত কাগজ সবুজ হয়, লেড অ্যাসিটেট কাগজ কাল হয়।

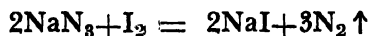
$$Na_2S + 2H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + H_2S\uparrow$$
$$Pb(CH_3COO)_2 + H_2S = \underset{\text{কাল}}{PbS\downarrow} + CH_3COOH$$
$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 8HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3S\downarrow$$

2. $AgNO_3$ দ্রবণ: কাল Ag_2S অধঃক্ষেপ, লঘু HNO_3-এ দ্রবণীয়।

$$Na_2S + 2AgNO_3 = Ag_2S\downarrow + 2NaNO_3$$

3. সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ: ক্ষারকীয় মাধ্যমে অস্থায়ী রক্ত-বেগুনী দ্রবণ।

$$Na_2S + Na_2[Fe(NO)(CN)_5] = Na_4[Fe(NOS)(CN)_5]$$

সুবেদিতা—1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা=1 : 50,000

বিকারক দ্রবণ: 1% জলীয় দ্রবণ টাট্কা তৈরী করে নিতে হয়।

4. $NaN_3 + I_2$ পরীক্ষা: স্পট প্লেটে এক ফোঁটা NaN_3 দ্রবণ এবং এক ফোঁটা I_2 দ্রবণ নাও। এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ অথবা কঠিন লবণ যোগ কর। সঙ্গে সঙ্গে বুদবুদন আরম্ভ হবে এবং আয়োডিনের রঙ অদৃশ্য হবে।

$$2NaN_3 + I_2 = 2NaI + 3N_2\uparrow$$

সুবেদিতা—0·3 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 1,66,000

বিকারক দ্রবণ: NaN_3 দ্রবণ—*2·5%* জলীয় দ্রবণ।

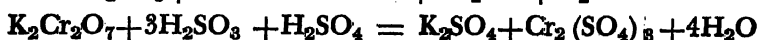
I_2 দ্রবণ—12·7 গ্রাম I_2 10% KI দ্রবণে দ্রবীভূত কর।

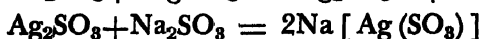
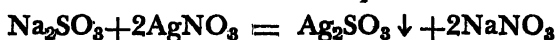
মন্তব্য: NaN_3 এবং I_2-র মধ্যে বিক্রিয়া খুবই মন্থর গতিতে হয়, কিন্তু সালফাইডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াগতি দ্রুত হয়। অদ্রবণীয় সালফাইডের ক্ষেত্রেও এই বিক্রিয়া ঘটে। $S_2O_3^{2-}$ এবং CNS^- বিঘ্ন ঘটায়। এদের উপস্থিতিতে $CdCO_3$ মিশিয়ে CdS অধঃক্ষেপ পৃথক করে নেওয়া হয় এবং তারপর CdS নিয়ে এই পরীক্ষা করা হয়।

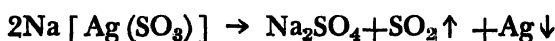
8, 19. SO_3^-, সালফাইট আয়নের বিক্রিয়া

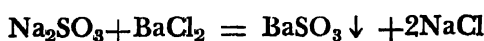
$Na_2SO_3, 7H_2O$ ব্যবহার কর:

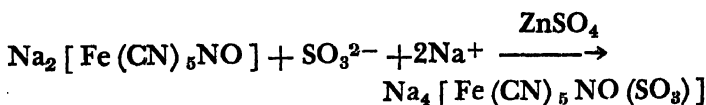
1. **লঘু H_2SO_4 অথবা লঘু HCl:** কঠিন লবণ নিয়ে বিকারক মিশিয়ে গরম করলে বর্ণহীন গ্যাস SO_2 নির্গত হয়, শ্বাসরোধ করে, গন্ধক পোড়া গন্ধ, অ্যাসিডীয় ডাইক্রোমেট সিক্ত কাগজ সবুজ হয়, ফুকসিন দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

$$Na_2SO_3+2HCl = 2NaCl+SO_2\uparrow +H_2O$$
$$K_2Cr_2O_7+3H_2SO_3 +H_2SO_4 = K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+4H_2O$$

2. $AgNO_3$ দ্রবণ: সাদা কেলাসযুক্ত Ag_2SO_3 অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত সালফাইট থাকলে জটিল দ্রবণ $Na[Ag(SO_3)]$ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়।

$$Na_2SO_3+2AgNO_3 = Ag_2SO_3\downarrow +2NaNO_3$$
$$Ag_2SO_3+Na_2SO_3 = 2Na[Ag(SO_3)]$$

এই জটিল দ্রবণকে গরম করলে Ag ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2Na[Ag(SO_3)] \rightarrow Na_2SO_4+SO_2\uparrow +Ag\downarrow$$

3. **$BaCl_2$ দ্রবণ:** সাদা $BaSO_3$ অধঃক্ষেপ, লঘু HCl-এ দ্রবণীয়। ঐ দ্রবণ Br_2-জল মিশিয়ে গরম করলে সালফাইট জারিত হয়ে সালফেট উৎপন্ন করে এবং $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ দেয়। $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

$$Na_2SO_3+BaCl_2 = BaSO_3\downarrow +2NaCl$$

4. **নাইট্রোপ্রুসাইড পরীক্ষা:** কয়েক ফোঁটা সালফাইট দ্রবণ নাও, এবং দু ফোঁটা 1% নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ মেশাও। একফোঁটা সম্পৃক্ত $ZnSO_4$ দ্রবণ যোগ করলে গোলাপী-লাল রঙের দ্রবণ পাওয়া যায়। এক ফোঁটা $K_4Fe(CN)_6$ দ্রবণ মেশালে লাল রঙ আরও বেশী গাঢ় হয়।

$$Na_2[Fe(CN)_5NO]+SO_3^{2-}+2Na^+ \xrightarrow{ZnSO_4} Na_4[Fe(CN)_5NO(SO_3)]$$

সুবেদিতা—3·5 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 14,000

মন্তব্য: অ্যাসিডীয় দ্রবণে রঙ অদৃশ্য হয়ে যায়। $S_2O_3^{2-}$ বিঘ্ন ঘটায় না। S^{2-} থাকলে $CdCO_3$ মিশিয়ে আগে পৃথক করে নিতে হয়।

8, 20. $S_2O_3^{2-}$, থায়োসালফেট আয়নের বিক্রিয়া

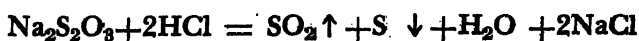
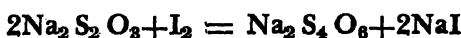
$Na_2S_2O_3, 5H_2O$ ব্যবহার কর:

1. **লঘু HCl:** দ্রবণে অ্যাসিড মেশালেই সালফার অধঃক্ষেপণ হয়,

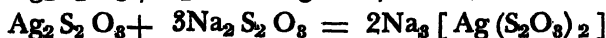
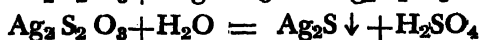
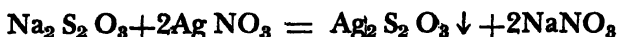
গরম করলে SO_2 গ্যাস নির্গত হয়, ফ্কসিন দ্রবণকে বর্ণহীন করে।

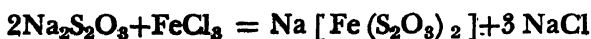
$$Na_2S_2O_3 + 2HCl = SO_2\uparrow + S\downarrow + H_2O + 2NaCl$$

2. I_2 **দ্রবণ:** বর্ণহীন করে।

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

সোডিয়াম টেট্রা-থায়োনেট

3. $AgNO_3$ **দ্রবণ:** সাদা AgS_2O_3 অধঃক্ষেপ, থায়োসালফেট বেশী থাকলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়, গরম করলে জল-বিশ্লেষের ফলে কাল Ag_2S হয়ে যায়।

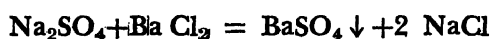
$$Na_2S_2O_3 + 2AgNO_3 = Ag_2S_2O_3\downarrow + 2NaNO_3$$
$$Ag_2S_2O_3 + H_2O = Ag_2S\downarrow + H_2SO_4$$
$$Ag_2S_2O_3 + 3Na_2S_2O_3 = 2Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$$

4. $FeCl_3$ **দ্রবণ:** অস্থায়ী গাঢ় রক্তবেগুনী দ্রবণ পাওয়া যায়, কিছুক্ষণ পর দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়।

$$2Na_2S_2O_3 + FeCl_3 = Na[Fe(S_2O_3)_2] + 3NaCl$$
$$Na[Fe(S_2O_3)_2] + FeCl_3 + NaCl = Na_2S_4O_6 + 2FeCl_2$$

5. $NaN_3 + I_2$ **দ্রবণ পরীক্ষা:** সালফাইডের মত একই বিক্রিয়া ঘটে (8, 18 পরিচ্ছেদ, 4নং বিক্রিয়া দেখ)।

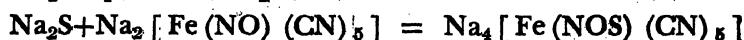
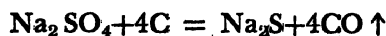
8, 21. SO_4^{2-}, সালফেট আয়নের বিক্রিয়া

$Na_2SO_4, 10H_2O$ ব্যবহার কর:

1. $BaCl_2$ **দ্রবণ:** সাদা $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ, গাঢ় HCl-এ অদ্রবণীয়।

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl$$

2. $AgNO_3$ **দ্রবণ:** গাঢ় পরীক্ষণীয় দ্রবণে সাদা Ag_2SO_4 অধঃক্ষেপ।

3. **সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড পরীক্ষা:** কঠিন লবণ, Na_2CO_3 ও কাঠ-কয়লার গুঁড়া মিশিয়ে প্লাটিনাম তারে নিয়ে গলাও, তারপর জলে দ্রবীভূত করে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ কর। রক্তবেগুনী দ্রবণ

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO\uparrow$$
$$Na_2S + Na_2[Fe(NO)(CN)_5] = Na_4[Fe(NOS)(CN)_5]$$

4. $BaSO_4 + KMnO_4$ **পরীক্ষা:** ছোট পরীক্ষা-নলে কয়েক ফোঁটা দ্রবণ নাও; এক ফোঁটা $KMnO_4$ দ্রবণ ও এক ফোঁটা $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ কর। সাদা $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ পারম্যাঙ্গানেটকে অন্তর্ধৃত করে বেগুনী হয়ে যায়। এখন কয়েক ফোঁটা অক্সালিক অ্যাসিড মেশালে দ্রবণটি বর্ণহীন হয়, কিন্তু অধঃক্ষেপ বেগুনী থাকে।

সুবেদিতা—2·5 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 20,000

8, 22. সালফাইড, সালফাইট, থায়োসালফেট এবং সালফেট মিশ্রণের সনাক্তকরণ : "Na_2CO_3-নির্যাস" ব্যবহার করা হয়।

অতিরিক্ত $CdCO_3$ অথবা $PbCO_3$ কঠিন লবণ মিশিয়ে ঝাঁকাও এবং ছাঁক।

↓ অবশেষ : হলুদ CdS (অথবা কাল PbS) + অতিরিক্ত $CdCO_3$।

লঘু CH_3COOH মিশিয়ে ডাইজেস্ট কর।

↓ হলুদ CdS অবশেষ সালফাইড আছে।

↓ পরিস্রুত : $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ কর এবং ছাঁক।

↓ অবশেষ : $BaSO_3$ + $BaSO_4$ থাকতে পারে। লঘু HCl মিশিয়ে নাড় এবং ছাঁক।

↓ অবশেষ : $BaSO_4$, সাদা, গাঢ় HCl-এ সম্পূর্ণ দ্রবণীয় নয়। সালফেট আছে।

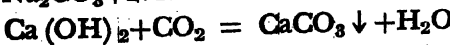
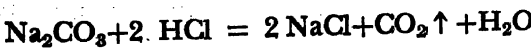
↓ পরিস্রুত : Br_2-জল মেশাও, ব্রোমিনের রঙ অদৃশ্য হয়, গরম কর। সাদা $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ সালফাইট আছে।

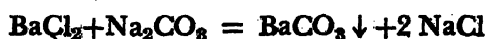
↓ পরিস্রুত : দুই ভাগ কর। (i) এক ভাগে লঘু HCl মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর—সালফার অধঃক্ষেপ সহ SO_2-র গন্ধ। থায়োসালফেট আছে। (ii) অপরভাগ + $AgNO_3$ দ্রবণ → প্রথমে সাদা অধঃক্ষেপ, গরম করলে কাল হয়ে যায়। থায়োসালফেট প্রমাণিত হল।

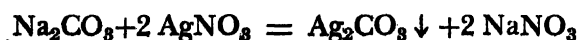
8, 23. CO_3^{2-}, কার্বনেট আয়নের বিক্রিয়া

$Na_2CO_3, 10H_2O$ ব্যবহার কর :

1. লঘু HCl অথবা লঘু H_2SO_4 : বিযোজিত হয়ে বুদবুদন আরম্ভ হয়, একটু গরম করলে বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস CO_2 নির্গত হয়, স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা করে, অতিরিক্ত CO_2 চালিত করলে পুনরায় স্বচ্ছ হয়ে যায়।

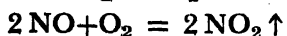
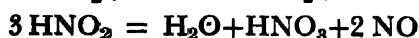
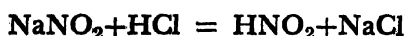
$$Na_2CO_3 + 2\,HCl = 2\,NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$
$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

2. $BaCl_2$ দ্রবণ: সাদা $BaCO_3$ অধঃক্ষেপ, খনিজ অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

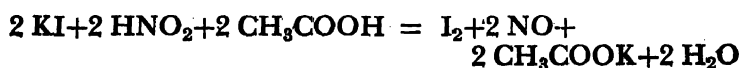
$$BaCl_2+Na_2CO_3 = BaCO_3\downarrow+2\,NaCl$$

3. $AgNO_3$ দ্রবণ: সাদা Ag_2CO_3 অধঃক্ষেপ, NH_4OH এবং HNO_3-এ দ্রবণীয়।

$$Na_2CO_3+2\,AgNO_3 = Ag_2CO_3\downarrow+2\,NaNO_3$$

8, 24. NO_2^-, নাইট্রাইট আয়নের বিক্রিয়া

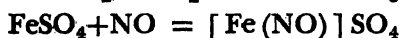
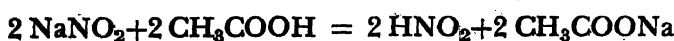
$NaNO_2$ ব্যবহার কর:

1. লঘু HCl: বাদামী NO_2 ধূম নির্গত হয়।

$$NaNO_2+HCl = HNO_2+NaCl$$
$$3\,HNO_2 = H_2O+HNO_3+2\,NO$$
$$2\,NO+O_2 = 2\,NO_2\uparrow$$

2. KI দ্রবণ: লঘু CH_3COOH অথবা লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে I_2 মুক্ত হয় এবং স্টার্চ দ্রবণকে নীল করে।

$$2\,KI+2\,HNO_2+2\,CH_3COOH = I_2+2\,NO+2\,CH_3COOK+2\,H_2O$$

3. $FeSO_4$ দ্রবণ: প্রথমে গাঢ় $FeSO_4$ দ্রবণ 2N-CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করা হয়, তারপর ধীরে ধীরে নাইট্রাইট দ্রবণ যোগ করা হয়। একটা বাদামী বলয় সংযোগ স্থলে তৈরী হয়। সাবধানে না করলে সমস্ত দ্রবণটাই বাদামী হয়ে যায়। নাইট্রেট থাকলে একই প্রকার বলয় তৈরী হয়, তবে সেক্ষেত্রে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা প্রয়োজন।

$$2\,NaNO_2+2\,CH_3COOH = 2\,HNO_2+2\,CH_3COONa$$
$$3\,HNO_2 = H_2O+NO+HNO_3$$
$$FeSO_4+NO = [Fe(NO)]SO_4$$

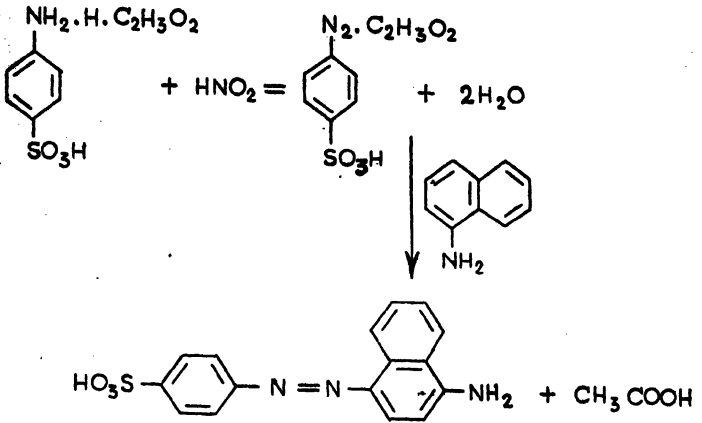
বাদামী

সুবেদিতা—2 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 25,000

মন্তব্য: উপরোক্ত অবস্থায় NO_3^- বিঘ্ন ঘটায় না, আয়োডাইড, ব্রোমাইড অথবা রঙীন দ্রবণ হলে বিঘ্ন ঘটায়। যে সমস্ত অ্যানায়ন আয়রনের সাথে রঙীন যৌগ তৈরী করে তাদের উপস্থিতিতে বিঘ্ন ঘটে।

4. ডায়াজোটাইজেশন বিক্রিয়া (Diazotisation reaction): লঘু CH_3COOH মেশান দ্রবণ এক ফোঁটা স্পট প্লেটে নাও, এক ফোঁটা সালফ্অ্যানিলিক অ্যাসিড বিকারক দ্রবণ মেশাও। এখন এক ফোঁটা α-ন্যাপথলঅ্যামিন অথবা অন্য কোন জৈব অ্যামিন যোগ কর। লাল রঞ্জক পাওয়া যায়।

$$\text{NH}_2\text{.H.C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H} + HNO_2 = \text{N}_2\text{.C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H} + 2H_2O$$

$\downarrow$ $C_{10}H_7NH_2$ (NH_2)

$$HO_3S-C_6H_4-N=N-C_{10}H_6-NH_2 + CH_3COOH$$

সুবেদিতা—0·01 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 5,000,000

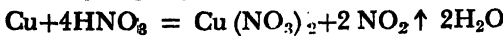
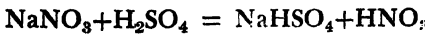
বিকারক দ্রবণঃ (*i*) 0·5 গ্রাম সালফ্‌অ্যানিলিক অ্যাসিড 30 মি.লি. গ্লেসিয়াল CH_3COOH-এ দ্রবীভূত কর, তারপর 75 মি.লি. জল মেশাও। (*ii*) 0·1 গ্রাম α-ন্যাপথলঅ্যামিন 70 মি.লি. জলে গরম করে দ্রবীভূত কর। ঠাণ্ডা করে 30 মি.লি. CH_3COOH মেশাও।

মন্তব্যঃ বিকারক দ্রবণ রাখার পর রঙীন হয়ে গেলে গুঁড়া Zn মিশিয়ে ঝাঁকাও, এবং ছেঁকে নাও। Fe(III) থাকলে 20% টারটারিক অ্যাসিড মিশিয়ে পরীক্ষা কর। প্রথমে সালফ্‌অ্যানিলিক অ্যাসিডের সাথে নাইট্রাস অ্যাসিডের ডায়াজোটাইজেশন বিক্রিয়া হয়, তারপর যে কোন জৈব অ্যামিনের সাথে যুক্ত হয়ে লাল রঞ্জক তৈরী করে।

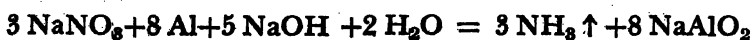
8, 25. NO_3^-, নাইট্রেট আয়নের বিক্রিয়া

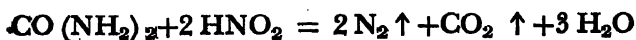
$NaNO_3$ ব্যবহার করঃ

1. গাঢ় H_2SO_4 + তামার কুচিঃ গরম করলে বাদামী NO_2 গ্যাস নির্গত হয়।

$$NaNO_3+H_2SO_4 = NaHSO_4+HNO_3$$
$$Cu+4HNO_3 = Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow 2H_2O$$

2. Al চূর্ণ + NaOH দ্রবণঃ গরম করলে NH_3 গ্যাস নির্গত হয়। NH_3 গ্যাস $Hg_2(NO_3)_2$ দ্রবণ সিক্ত কাগজকে কাল করে। দ্রবণে অ্যামোনিয়াম লবণ থাকলে NaOH দ্রবণ মিশিয়ে ফোটালে NH_3 গ্যাস বের হয়ে

যাবে, তারপর Al চূর্ণ অথবা Zn চূর্ণ মিশিয়ে গরম করতে হবে।

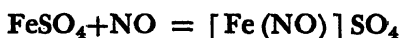
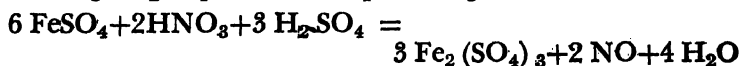
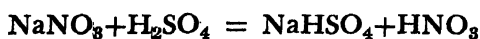
$$3\,NaNO_3+8\,Al+5\,NaOH+2\,H_2O = 3\,NH_3\uparrow+8\,NaAlO_2$$

দ্রবণে নাইট্রাইট থাকলে ইউরিয়া ও লঘু HCl মিশিয়ে গরম করতে হবে, তাহলে নাইট্রাইট বিযোজিত হয়ে যায়।

$$CO(NH_2)_2+2\,HNO_2 = 2\,N_2\uparrow+CO_2\uparrow+3\,H_2O$$

সায়ানাইড, থায়োসায়ানেট, ফেরোসায়ানাইড এবং ফেরিসায়ানাইড থাকলে বিজারিত হয়ে NH_3 গ্যাস নির্গত হয়। Ag_2SO_4 দ্রবণ মিশিয়ে তাদের আগে সরিয়ে ফেলতে হবে। দ্রবণে As যৌগ থাকলে AsH_3 উৎপন্ন করে এবং $Hg_2(NO_3)_2$ দ্রবণকে কাল করে। এস্থলে ভেজা লাল লিটমাস কাগজ নীল হয় কিনা এই দেখে NH_3 সনাক্ত করতে হবে। দ্রবণে ClO_3^-, Br^-, I^- থাকলে এই পরীক্ষা উপযোগী।

3. **বলয় পরীক্ষা:** প্রথমে টাট্‌কা তৈরী $FeSO_4$ দ্রবণ মেশাও, তারপর ধীরে ধীরে পরীক্ষানলের গা বেয়ে গাঢ় H_2SO_4 ঢাল। সংযোগস্থলে বাদামী বলয় তৈরী হবে। দ্রবণে নাইট্রাইট থাকলে ইউরিয়া মিশিয়ে বিযোজিত করতে হবে। লঘু H_2SO_4 প্রশমিত "Na_2CO_3 নির্যাসে" Ag_2SO_4 দ্রবণ মিশিয়ে ছেঁকে নিলে অনেক বিঘ্নকারী দূর হয়।

$$NaNO_3+H_2SO_4 = NaHSO_4+HNO_3$$

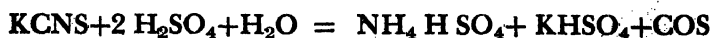
$$6\,FeSO_4+2HNO_3+3\,H_2SO_4 = 3\,Fe_2(SO_4)_3+2\,NO+4\,H_2O$$

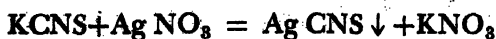
$$FeSO_4+NO = [Fe(NO)]SO_4$$

4. **ডায়াজো বিক্রিয়া:** অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণে গুঁড়া Zn মিশিয়ে নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করা হয়, তারপর ডায়াজো বিক্রিয়া ঘটানো হয় (নাইট্রাইট আয়নের 4 নং বিক্রিয়া দেখ)। দ্রবণে নাইট্রাইট থাকলে আগেই তা লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিড সহ ইউরিয়া মিশিয়ে বিযোজিত করা হয়।

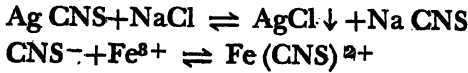
8, 26. CNS^-, থায়োসায়ানেট আয়নের বিক্রিয়া

KCNS ব্যবহার কর:

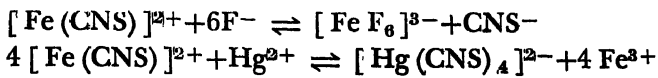
1. **গাঢ় H_2SO_4:** ঠাণ্ডা অবস্থায় হলুদ দ্রবণ তৈরী করে, গরম করলে বিক্রিয়া তীব্র হয়।

$$KCNS+2\,H_2SO_4+H_2O = NH_4HSO_4+KHSO_4+COS$$

2. **$AgNO_3$ দ্রবণ:** সাদা দধির মত AgCNS অধঃক্ষেপ, HNO_3-এ অদ্রবণীয়, NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

$$KCNS+AgNO_3 = AgCNS\downarrow+KNO_3$$

AgCNS-কে N-NaCl দ্রবণ মিশিয়ে ফোটালে AgCl অধঃক্ষেপণ হয় এবং এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে অন্যান্য হ্যালাইড হতে থায়োসায়ানেটকে পৃথক করা হয়। ছেঁকে নিয়ে পরিস্রুত লঘু HCl মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করা হয়। তারপর $FeCl_3$ দ্রবণ মেশালে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ রক্তলাল দ্রবণ পাওয়া যায়।

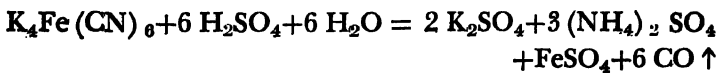
$$AgCNS + NaCl \rightleftharpoons AgCl\downarrow + NaCNS$$
$$CNS^- + Fe^{3+} \rightleftharpoons Fe(CNS)^{2+}$$

লাল

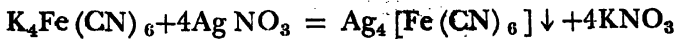
3. $FeCl_3$ দ্রবণঃ রক্তলাল দ্রবণ, NH_4F, $HgCl_2$ এবং অক্সালেট মেশালে বর্ণহীন হয়।

$$[Fe(CNS)]^{2+} + 6F^- \rightleftharpoons [FeF_6]^{3-} + CNS^-$$
$$4[Fe(CNS)]^{2+} + Hg^{2+} \rightleftharpoons [Hg(CNS)_4]^{2-} + 4Fe^{3+}$$

8, 27. $[Fe(CN)_6]^{4-}$, ফেরোসায়ানাইড আয়নের বিক্রিয়া

$K_4Fe(CN)_6, 3H_2O$ ব্যবহার করঃ

1. গাঢ় H_2SO_4ঃ গরম করলে সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত হয় এবং CO গ্যাস নির্গত হয়। CO গ্যাস নীল শিখায় জ্বলে।

$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O = 2K_2SO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 + 6CO\uparrow$$

2. $AgNO_3$ দ্রবণঃ সাদা $Ag_4[Fe(CN)_6]$ অধঃক্ষেপ, NH_4OH-এ অদ্রবণীয় (ফেরিসায়ানাইড হতে পার্থক্য)।

$$K_4Fe(CN)_6 + 4AgNO_3 = Ag_4[Fe(CN)_6]\downarrow + 4KNO_3$$

3. $FeCl_3$ দ্রবণঃ অ্যাসিডীয় অথবা প্রশম দ্রবণে প্রুশীয় নীল (Prussian blue) অধঃক্ষেপ (8, 54 পরিচ্ছেদ, 3 নং বিক্রিয়া দেখ)।

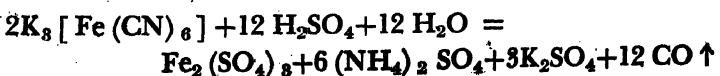
$$K_4Fe(CN)_6 + FeCl_3 = KFe[Fe(CN)_6]\downarrow + 3KCl$$

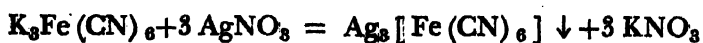
সুবেদিতা—1·3 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 4,00,000

8, 28. $[Fe(CN)_6]^{3-}$, ফেরিসায়ানাইড আয়নের বিক্রিয়া

$K_3[Fe(CN)_6]$ ব্যবহার করঃ

1. গাঢ় H_2SO_4ঃ কঠিন লবণ সহ গরম করলে সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত হয় এবং CO গ্যাস নির্গত হয়।

$$2K_3[Fe(CN)_6] + 12H_2SO_4 + 12H_2O = Fe_2(SO_4)_3 + 6(NH_4)_2SO_4 + 3K_2SO_4 + 12CO\uparrow$$

2. $AgNO_3$ **দ্রবণ :** কমলা-লাল $Ag_3[Fe(CN)_6]$ অধঃক্ষেপ, NH_4OH-এ দ্রবণীয় (ফেরোসায়ানাইড হতে পার্থক্য)।

$$K_3Fe(CN)_6+3\,AgNO_3 = Ag_3[Fe(CN)_6]\downarrow+3\,KNO_3$$

3. $FeSO_4$ **দ্রবণ :** গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ (8, 53 পরিচ্ছেদ, 3 নং বিক্রিয়া দেখ)।

4. $FeCl_3$ **দ্রবণ :** বাদামী রঙের দ্রবণ (8, 54 পরিচ্ছেদ, 4 নং বিক্রিয়া দেখ)।

8, 29. থায়োসায়ানেট, ফেরোসায়ানাইড এবং ফেরিসায়ানাইড মিশ্রণের সনাক্তকরণ

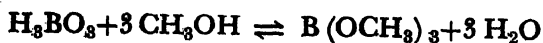
Na_2CO_3-নির্যাস HCl মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর, গরম করে CO_2 তাড়িয়ে দাও, তারপর ঠাণ্ডা করে $FeCl_3$ দ্রবণ মেশাও, ছাঁক

↓	↓
অবশেষ : প্রুশীয় নীল অধঃক্ষেপ। **ফেরোসায়ানাইড।**	**পরিস্রুত :** পরিস্রুত নিয়ে ইথার মিশিয়ে ঝাঁকাও। (*i*) ইথার দ্রবণ লাল হয়ে যায়। **থায়োসায়নেট।** (*ii*) জলীয় দ্রবণের স্তর পৃথক করে নাও, $SnCl_2$ দ্রবণ মেশাও। গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ। **ফেরিসায়ানাইড।**

8, 30. $BO_3^{3-}(B_4O_7^{2-}, BO_2^-)$, **বোরেট আয়নের বিক্রিয়া**

$Na_2B_4O_7$, 10 H_2O ব্যবহার কর :

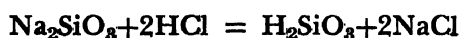
1. **গাঢ়** H_2SO_4 + **মিথাইল অথবা ইথাইল অ্যালকোহল :** কঠিন লবণ সহ গরম করলে উদ্বায়ী মিথাইল বোরেট $B(OCH_3)_3$ নির্গত হয়। পরীক্ষা-নলের মুখে কাচনল সহ ছিপি লাগান থাকলে কাচনলের মুখ দিয়ে মিথাইল বোরেট বের হয়ে আসে। এখন কাচনলের মুখে আগুন ধরালে মিথাইল বোরেট সবুজ শিখায় জ্বলবে (8, 2 পরিচ্ছেদ, (3) ক (*i*) বিক্রিয়া দেখ)।

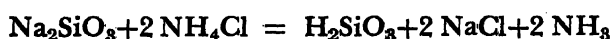
$$H_3BO_3+3\,CH_3OH \rightleftharpoons B(OCH_3)_3+3\,H_2O$$

একমাত্র বোরেটই এই ধরনের পরীক্ষায় সাড়া দেয়। কপার, বেরিয়াম এবং ক্লোরাইড বিঘ্ন ঘটায় না।

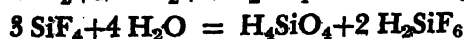
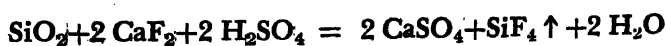
2. টারমেরিক কাগজ (turmeric)**:** টারমেরিক কাগজে এক ফোঁটা বোরেটের HCl দ্রবণ নাও, এবং 100° সে. তাপে শুষ্ক কর। লাল রঙের বিন্দু তৈরী হয়, KOH দ্রবণে সিক্ত করলে কালচে হয়ে যায়।
সুবেদিতা—0·02 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 2500,000
বিকারক কাগজ: একভাগ টারমেরিক পাউডার ছয় ভাগ 60% অ্যালকোহলে মিশিয়ে নাড়া হয়, তারপর ছেঁকে নেওয়া হয়। ছাঁকন কাগজ ঐ দ্রবণে ভিজিয়ে অন্ধকারে শুকানো হয় এবং রঙীন বোতলে রাখা হয়।
মন্তব্য: জারক দ্রব্য ক্রোমেট, ক্লোরেট, নাইট্রাইট, ইত্যাদি টারমেরিক কাগজকে বর্ণহীন করে।

8, 31. SiO_3^{2-}, সিলিকেট আয়নের বিক্রিয়া

Na_2SiO_3 ব্যবহার কর:
1. লঘু HCl: সিলিকেট দ্রবণে লঘু HCl যোগ করলে, বিশেষ করে ফোটালে, আঁঠাল মেটাসিলিসিক অ্যাসিডের অধঃক্ষেপণ হয়। গাঢ় HCl-এ এই অধঃক্ষেপ অদ্রবণীয়।

$$Na_2SiO_3+2HCl = H_2SiO_3+2NaCl$$

2. NH_4Cl অথবা $(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ: আঁঠাল মেটাসিলিসিক অ্যাসিডের অধঃক্ষেপ। আঙ্গিক বিশ্লেষণে সিলিকা পৃথক না করলে IIIA গ্রুপে অধঃক্ষেপণ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

$$Na_2SiO_3+2\,NH_4Cl = H_2SiO_3+2\,NaCl+2\,NH_3$$

3. মাইক্রোকস্মিক গুটিকা পরীক্ষা: (8, 1 পরিচ্ছেদ, 4 নং পরীক্ষা 156 পৃষ্ঠা দেখ)।
4. CaF_2 + গাঢ় H_2SO_4: সীসার তৈরী মুচিতে এই পরীক্ষা করা হয়। মুচির ঢাকনাতে একটা ছোট ফুটো থাকে। পরীক্ষণীয় লবণ, CaF_2 ও গাঢ় H_2SO_4 সীসার মুচিতে মিশিয়ে নেওয়া হয়, তারপর মুচির ঢাকনা ঢাকা দিয়ে অ্যাসবেস্টস চাদরের উপরে রাখা হয় এবং ছোট শিখায় গরম করা হয়। উদ্বায়ী SiF_4 গ্যাস ঢাকনার ফুটো দিয়ে বের হয়ে আসে। এখন ঐ ফুটোর ঠিক উপরে প্লাটিনাম তারে এক ফোঁটা জল নিয়ে ধরলে জলের ফোঁটা অনচ্ছ ও আঁঠাল হয়ে যায় (8, 2 পরিচ্ছেদ (3) খ পরীক্ষা দেখ)।

$$SiO_2+2\,CaF_2+2\,H_2SO_4 = 2\,CaSO_4+SiF_4\uparrow+2\,H_2O$$
$$3\,SiF_4+4\,H_2O = H_4SiO_4+2\,H_2SiF_6$$

5. **অ্যামোনিয়াম মলিবডেট-বেনজিডিন পরীক্ষাঃ**—স্পট প্লেটে এক ফোঁটা সিলিকেটের দ্রবণ নাও অথবা 4 নং পরীক্ষায় প্রাপ্ত অনচ্ছ জলের ফোঁটা নাও। এক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ মিশিয়ে গরম কর, তারপর ঠাণ্ডা করে এক ফোঁটা বেনজিডিন অ্যাসিটেট দ্রবণ এবং এক ফোঁটা সম্পৃক্ত সোডিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ মেশাও। নীল রঙের দ্রবণ পাওয়া যাবে।
সুবেদিতা—0·1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 500,000
বিকারক দ্রবণঃ (*i*) **অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ**—4 গ্রাম বিকারক 4 মি.লি. গাঢ় NH_4OH এবং 6 মি.লি. জলে দ্রবীভূত কর। 12 গ্রাম NH_4NO_3 ও জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন 100 মি.লি. কর।
(*ii*) **বেনজিডিন বিকারক**—0·05 বিকারক 10 মি.লি. CH_3COOH-এ দ্রবীভূত করে জল মিশিয়ে 100 মি.লি. আয়তন কর।
মন্তব্যঃ ফসফেট ও আর্সেনেট বিঘ্ন ঘটায়, কিন্তু 4 নং পরীক্ষায় প্রাপ্ত সিলিসিক অ্যাসিড নিয়ে পরীক্ষা করলে কেহ বিঘ্ন ঘটায় না।
6. **অ্যামোনিয়াম মলিবডেট + স্ট্যানাস ক্লোরাইডঃ** 4 নং পরীক্ষায় প্রাপ্ত সিলিসিক অ্যাসিড দু ফোঁটা NaOH দ্রবণে মেশাও, এক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ এবং এক ফোঁটা $SnCl_2$ দ্রবণ যোগ কর। প্রয়োজন হলে NaOH দ্রবণ মিশিয়ে ক্ষারকীয় কর। "মলিবডেনাম নীল" পাওয়া যাবে।

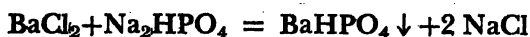
8, 32. PO_4^{3-}, ফসফেট আয়নের বিক্রিয়া

Na_2HPO_4, 12 H_2O দ্রবণ ব্যবহার করঃ

1. **$AgNO_3$ দ্রবণঃ** হলুদ Ag_3PO_4 অধঃক্ষেপ, লঘু HNO_3 এবং NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

$$2\,Na_2HPO_4+3\,AgNO_3 = Ag_3PO_4\downarrow+3\,NaNO_3+NaH_2PO_4$$

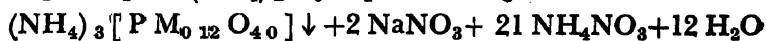
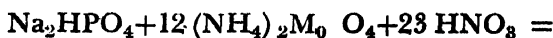
2. **$BaCl_2$ দ্রবণঃ** সাদা $BaHPO_4$ অধঃক্ষেপ, লঘু HCl ও CH_3COOH-এ দ্রবণীয়।

$$BaCl_2+Na_2HPO_4 = BaHPO_4\downarrow+2\,NaCl$$

3. **ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ** (Magnesia mixture) **অথবা ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট মিশ্র দ্রবণঃ** $MgCl_2$, NH_4Cl এবং NH_4OH এর জলে দ্রবীভূত মিশ্রণকে ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ বলে। $Mg(NO_3)_2$, NH_4NO_3 এবং NH_4OH মিশ্রণকে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট মিশ্র দ্রবণ বলে। উপরোক্ত যে কোন দ্রবণ নিয়ে ফসফেট দ্রবণে মিশিয়ে প্রয়োজন অনুসারে NH_4OH যোগ করলে সাদা কেলাসযুক্ত অধঃক্ষেপণ হয়।

$$Na_2HPO_4+Mg(NO_3)_2+NH_3 = Mg(NH_4)PO_4\downarrow+2NaNO_3$$

আর্সেনেট একই ধরনের $[Mg(NH_4)AsO_4, 6H_2O]$ অধঃক্ষেপ দেয়। অধঃক্ষেপ ছেঁকে নিয়ে ছাঁকন কাগজের উপর $AgNO_3$ দ্রবণ ও লঘু CH_3COOH মেশালে ফসফেট অধঃক্ষেপ হলুদ হয় (Ag_3PO_4) এবং আর্সেনেট অধঃক্ষেপ লালাভ-বাদামী হয় (Ag_3AsO_4)।

4. **অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণঃ** ফসফেট দ্রবণ, বিকারক দ্রবণ ও HNO_3 মিশিয়ে ঝাঁকালে অথবা <40° সে. তাপে গরম করলে হলুদ অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিবডেট অধঃক্ষেপণ হয়।

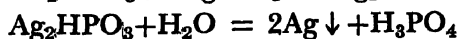
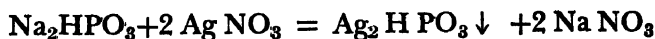
$$Na_2HPO_4+12(NH_4)_2MoO_4+23HNO_3 =$$
$$(NH_4)_3[PMo_{12}O_{40}]\downarrow+2NaNO_3+21NH_4NO_3+12H_2O$$

[বাজারে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াম মলিবডেটের সংকেত হচ্ছে $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$]

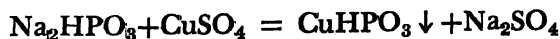
আর্সেনেট একই ধরনের অধঃক্ষেপ দেয়। সিলিকেট হলুদ দ্রবণ তৈরী করে। টারটারিক অ্যাসিড মেশালে এরা বিঘ্ন ঘটাতে পারে না।

8, 33. HPO_3^{2-}, ফসফাইট আয়নের বিক্রিয়া

$Na_2HPO_3, 5H_2O$ ব্যবহার কর:

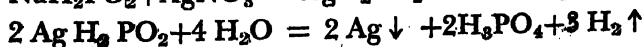
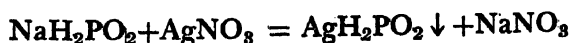
1. $AgNO_3$ **দ্রবণঃ** ঠাণ্ডা অবস্থায় প্রথমে সাদা Ag_2HPO_3 অধঃক্ষেপ, কিছুক্ষণের মধ্যে বিজারিত হয়ে কাল হয়। গরম করলে Ag-র কাল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$Na_2HPO_3+2AgNO_3 = Ag_2HPO_3\downarrow+2NaNO_3$$
$$Ag_2HPO_3+H_2O = 2Ag\downarrow+H_3PO_4$$

2. $CuSO_4$ **দ্রবণঃ** ফিকে নীল $CuHPO_3$ অধঃক্ষেপ (হাইপোফসফাইট হতে পার্থক্য)।

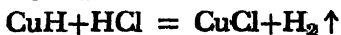
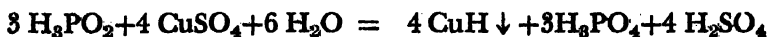
$$Na_2HPO_3+CuSO_4 = CuHPO_3\downarrow+Na_2SO_4$$

8, 34. $H_2PO_2^-$, হাইপোফসফাইট আয়নের বিক্রিয়া

NaH_2PO_2, H_2O ব্যবহার কর:

1. $AgNO_3$ **দ্রবণঃ** সাদা AgH_2PO_2 অধঃক্ষেপ, ঠাণ্ডা অবস্থায় ধীরে ধীরে কাল হয়ে যায়, গরম করলে দ্রুত কাল হয়।

$$NaH_2PO_2+AgNO_3 = AgH_2PO_2\downarrow+NaNO_3$$
$$2AgH_2PO_2+4H_2O = 2Ag\downarrow+2H_3PO_4+3H_2\uparrow$$

2. $CuSO_4$ **দ্রবণঃ** ঠাণ্ডা অবস্থায় কোন অধঃক্ষেপণ হয় না, গরম করলে

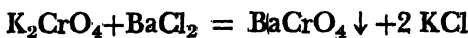
লাল CuH অধঃক্ষেপণ হয়। অধঃক্ষেপে গাঢ় HCl মেশালে H_2 গ্যাস বের হয় (বুদবুদন হয়)।

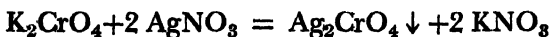
$$3\,H_3PO_2+4\,CuSO_4+6\,H_2O = 4\,CuH\downarrow+3H_3PO_4+4\,H_2SO_4$$
$$CuH+HCl = CuCl+H_2\uparrow$$

3. অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ: লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে "মলিবডেনাম নীল" উৎপন্ন হয় (ফসফাইট হতে পার্থক্য)।

8, 35. CrO_4^{2-}, ক্রোমেট আয়নের বিক্রিয়া

K_2CrO_4 ব্যবহার কর:

1. $BaCl_2$ দ্রবণ: ফিকে হলুদ $BaCrO_4$ অধঃক্ষেপ, লঘু CH_3COOH-এ অদ্রবণীয়, HCl-এ দ্রবণীয়।

$$K_2CrO_4+BaCl_2 = BaCrO_4\downarrow+2\,KCl$$

2. $AgNO_3$ দ্রবণ: লালাভ-বাদামী Ag_2CrO_4 অধঃক্ষেপ, CH_3COOH-এ অদ্রবণীয়, লঘু HNO_3 ও NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

$$K_2CrO_4+2\,AgNO_3 = Ag_2CrO_4\downarrow+2\,KNO_3$$

3. পারক্রোমিক অ্যাসিড বিক্রিয়া: (8, *55* পরিচ্ছেদ, 4 নং বিক্রিয়া দেখ)।

4. ডাইফিনাইল কার্বাজাইড বিকারক: (8, *55* পরিচ্ছেদ, *5* নং বিক্রিয়া দেখ)।

8, 36. আর্সেনাইট, আর্সেনেট এবং ফসফেট মিশ্রণের সনাক্তকরণ

প্রশম Na_2CO_3-নির্যাস + ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ, গরম কর এবং ছাঁক

↓	↓
অবশেষ: সাদা অধঃক্ষেপ, লঘু HCl মিশিয়ে দ্রবীভূত কর, SO_2 চালিত করে বিজারিত কর, SO_2 গ্যাস গরম করে তাড়িয়ে দাও, H_2S চালিত কর, ছাঁক	**পরিস্রুত:** HCl মেশাও, H_2S চালিত কর। হলুদ অধঃক্ষেপ। **আর্সেনাইট**

(অবশেষ থেকে:)

↓	↓
অবশেষ: হলুদ অধঃক্ষেপ, **আর্সেনেট**	**পরিস্রুত:** অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ মিশিয়ে পরীক্ষা কর। **ফসফেট**

ধাতব আয়নগুলির আর্দ্র পরীক্ষা (*wet test for basic radicals*)

8, 37. আর্দ্র পরীক্ষার জন্য পরীক্ষণীয় কঠিন বস্তুর দ্রবণ প্রস্তুতিকরণ: পরীক্ষণীয় বস্তু যদি গুঁড়া অবস্থায় না থাকে, তাহলে প্রথমে গুঁড়া করে নাও। তারপর পর্সেলীন খর্পরে অথবা বীকারে ঐ গুঁড়া 1 গ্রাম নিয়ে পর্যায়ক্রমে (1) জল, (2) লঘু HCl, (3) গাঢ় HCl এবং (4) অম্লরাজ ($HNO_3 : HCl = 1 : 3$) মিশিয়ে প্রথমে ঠাণ্ডা অবস্থায় পরে প্রয়োজন হলে ফুটিয়ে দ্রবণ তৈরী করার চেষ্টা কর। পরীক্ষণীয় বস্তু সাধারণতঃ বিভিন্ন উপাদানের মিশ্রণ। সেজন্য কোন একটি উপাদান একটি বিশেষ দ্রাবকে দ্রবণীয় হলে মিশ্রণটি আংশিকভাবে দ্রবণীয় হবে। মিশ্রণটি আংশিক-ভাবে দ্রবণীয় কিনা বুঝতে হলে ঐ দ্রবণের কয়েক ফোঁটা একটি ঘড়ি কাঁচে ছেঁকে নিয়ে মৃদু শিখায় বাষ্পীভবন করতে হবে—যদি অবশেষ থাকে তাহলে আংশিকভাবে দ্রবণীয়, যদি অবশেষ না থাকে তাহলে সম্পূর্ণভাবে অদ্রবণীয়। এইভাবে মিশ্রণটি সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করতে হবে। যদি অম্লরাজেও দ্রবীভূত না হয়, তাহলে বুঝতে হবে মিশ্রণটির মধ্যে অদ্রবণীয় উপাদান আছে। তখন ঐ অবশেষ নিয়ে অদ্রবণীয় অজৈব লবণের বিশেষ বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনুসারে পরীক্ষা করতে হবে।

পর্যায়ক্রমে (1), (2), (3) এবং (4) দ্রাবকে দ্রবণ তৈরী করে পৃথক-ভাবে প্রত্যেকটি দ্রবণ নিয়ে বিশ্লেষণ করা চলে। তাতে বিশ্লেষণকালে জটিলতা কম হয় এবং কি কি প্রকারের লবণ দিয়ে পরীক্ষণীয় বস্তুর মিশ্রণটি তৈরী করা হয়েছে সে সম্বন্ধে মোটামুটি ধারণা জন্মে। কিন্তু প্রত্যেকটি দ্রবণ নিয়ে পৃথকভাবে বিশ্লেষণ করতে হলে অধিক সময়ের প্রয়োজন হতে পারে।

পৃথকভাবে দ্রবণ তৈরী করার পর একসাথে মিশিয়ে বিশ্লেষণ করা যায়। কিন্তু মেশাবার আগে অল্প পরিমাণ দ্রবণ পরস্পরের সাথে মিশিয়ে দেখতে হবে কোন অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। যদি কোন অধঃক্ষেপণ না হয় তাহলেই একসাথে মেশান চলবে। যদি কোন একটি দ্রবণ মেশালে অধঃক্ষেপণ হয়, তাহলে ঐ দ্রবণটির পৃথকভাবে বিশ্লেষণ করতে হবে। বাকীগুলি একসাথে মিশিয়ে বিশ্লেষণ করা যাবে।

নাইট্রিক অ্যাসিড অথবা অম্লরাজ দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হলে বাষ্পীভূত করে দ্রাবকটিকে তাড়াতে হবে এবং অবশেষ নিয়ে জলে অথবা লঘু HCl-এ দ্রবণ তৈরী করে বিশ্লেষণ করতে হবে।

গাঢ় HCl-এ দ্রবণ তৈরী হলে নির্দিষ্ট পরিমাণ জল মিশিয়ে দ্রবণে অ্যাসিডের তীব্রতা (strength) ঠিক রাখতে হবে।

8, 38. পর্যায়ক্রমে শ্রেণীগতভাবে ধাতব ক্যাটায়নের (ক্ষারকীয় মূলকের) বিশ্লেষণ।

শ্রেণীগতভাবে ক্ষারকীয় মূলকগুলির বিভাগীকরণঃ ধাতুগুলির উপস্থিতি নির্ধারণ করবার জন্য ধাতব আয়নগুলিকে ছয়টি শ্রেণীতে বা গ্রুপে ভাগ করা হয়—সিলভার শ্রেণী অথবা I গ্রুপ, কপার এবং আর্সেনিক শ্রেণী অথবা II গ্রুপ, আয়রন শ্রেণী অথবা IIIA গ্রুপ, জিংক শ্রেণী অথবা IIIB গ্রুপ, ক্যালসিয়াম শ্রেণী অথবা IV গ্রুপ, ক্ষারীয় শ্রেণী অথবা V গ্রুপ। প্রত্যেকটি শ্রেণীর (গ্রুপের) নির্দিষ্ট বিকারক (reagent) আছে। সেই বিকারকের সাথে বিক্রিয়ার ফলে ঐ শ্রেণীর প্রত্যেকটি ধাতব আয়ন অধঃক্ষিপ্ত হয়। উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক, প্রত্যেক ধাতব আয়ন মিশ্রিত একটি দ্রবণের সাথে ঠাণ্ডা অবস্থায় লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (3—4N) প্রয়োজনের কিছু বেশী মেশান হল, অমনি সঙ্গে সঙ্গে সিলভার ক্লোরাইড, লেড ক্লোরাইড ও মারকিউরাস ক্লোরাইড লবণগুলির সাদা অধঃক্ষেপ দেখা যাবে, কারণ উপরোক্ত ক্লোরাইড লবণগুলি ঠাণ্ডা অবস্থায় লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (0·3 — 0·5N) উপস্থিতিতে দ্রবীভূত হয় না। এই অবস্থায় অন্যান্য ধাতব আয়নগুলি দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। সেইজন্য সিলভার, লেড ও মারকারী (আস্) ধাতব আয়নদের I গ্রুপে রাখা হয়। লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে I গ্রুপের বিকারক বলা হয়। অনুরূপভাবে নির্দিষ্ট গ্রুপ বিকারকের (group reagent) মিশ্রণে অবশিষ্ট ধাতব আয়নগুলির অধঃক্ষেপ লক্ষ্য করে তাদের বিভিন্ন শ্রেণীতে বা গ্রুপে ভাগ করা হয়। সাধারণভাবে বলা যায় বিভিন্ন ক্লোরাইড, সালফাইড, হাইড্রোক্সাইড এবং কার্বনেট লবণের দ্রবণীয়তার উপর ভিত্তি করে এই ভাগ করা হয়েছে। বিভিন্ন গ্রুপের সারমর্ম একটি ছকে দেওয়া হল।

8, 39. শ্রেণীগতভাবে ক্ষারকীয় মূলকগুলির (ক্যাটায়ন) পৃথকীকরণঃ শ্রেণীগতভাবে ক্ষারকীয় মূলকগুলিকে পৃথক্ করতে হলে শ্রেণীগত বিকারকের সাহায্য নিতে হয়। শ্রেণীগত বিকারক ঐ শ্রেণীর ধাতব আয়নের সাথে বিক্রিয়ার ফলে নির্দিষ্ট অ্যাসিডীয় অথবা ক্ষারীয় দ্রবণে অদ্রবণীয় লবণ তৈরী করে। একটি শ্রেণীগত বিকারক তার অগ্রবর্তী শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলি হতে নিজ শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলিকে পৃথক্ করতে পারে না, কিন্তু তার পরবর্তী সমস্ত শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলি হতে নিজ শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলিকে পৃথক্ করতে পারে। সুতরাং প্রথমে সিলভার শ্রেণীকে তাদের শ্রেণীগত বিকারক ঠাণ্ডা ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে পরবর্তী শ্রেণীগুলি হতে পৃথক করতে হবে। তারপর কপার ও

8, 10. সারণী

শ্রেণী বা গ্রুপ	শ্রেণীগত বিকারক	ধাতব আয়নগুলি	অধঃক্ষেপগুলির সংকেত	মন্তব্য
সিলভার শ্রেণী, বা I গ্রুপ	ঠাণ্ডা ও লঘু HCl	Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	AgCl, $PbCl_2$ Hg_2Cl_2	ক্লোরাইড লবণগুলি ঠাণ্ডা ও লঘু HCl-এ অদ্রবণীয়
কপার ও আর্সেনিক শ্রেণী, বা II A+B গ্রুপ	গরম ও লঘু HCl + H_2S	Hg^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{3+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, As^{3+} Sb^{3+}, Sn^{2+}, Sn^{4+}	HgS, PbS, Bi_2S_3, CuS, CdS, As_2S_3, Sb_2S_3, SnS, SnS_2	সালফাইড লবণগুলি লঘু HCl(0·3N)-এ অদ্রবণীয়
আয়রন শ্রেণী, বা III A গ্রুপ	NH_4Cl + লঘু NH_4OH	Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}	$Al(OH)_3$ $Cr(OH)_3$ $Fe(OH)_3$	NH_4Cl লবণের উপস্থিতিতে এই হাইড্রোক্সাইডগুলি NH_4OH দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়।
জিংক শ্রেণী, বা III B গ্রুপ	NH_4Cl+NH_4OH $+H_2S$	CO^{2+}, Ni^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}	CoS, NiS, MnS, ZnS	সালফাইডগুলি ক্ষারীয় পরিবেশে অদ্রবণীয়
ক্যালসিয়াম শ্রেণী, বা IV গ্রুপ	$NH_4Cl + NH_4OH$ + $(NH_4)_2CO_3$ সম্পৃক্ত দ্রবণ	Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}	Ba CO_3 Sr CO_3 Ca CO_3	কার্বনেটগুলি NH_4Cl-র উপস্থিতিতে ক্ষারীয় পরিবেশে অদ্রবণীয়
ক্ষারীয় শ্রেণী, বা V গ্রুপ	কোন নির্দিষ্ট শ্রেণীগত বিকারক নেই	Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, NH_4^{+}	—	এই আয়নগুলি দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, অগ্রবর্তী কোন শ্রেণীগত বিকারক দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয় না

আর্সেনিক শ্রেণীকে তাদের শ্রেণীগত বিকারকের সাহায্যে পরবর্তী শ্রেণী-গুলি হতে পৃথক্ করতে হবে। এইভাবে পর্যায়ক্রমে অগ্রবর্তী শ্রেণীকে পৃথক্ করার পর পরবর্তী শ্রেণীকে নিয়ে পরীক্ষা করতে হবে।

কিছু অ্যাসিডীয় মূলক এইভাবে পর্যায়ক্রমে পৃথকীকরণে বাধা দান করে। এই সব বাধাদানকারী অ্যাসিডীয় মূলকদের উপস্থিতিতে I এবং II গ্রুপকে পরবর্তী অন্যান্য গ্রুপ হতে একই নিয়মে পর্যায়ক্রমে পৃথক করা সম্ভব, কিন্তু IIIA গ্রুপকে পরবর্তী অন্যান্য গ্রুপ (যেমন IIIB, IV এবং V) হতে পৃথক্ করা সাধারণ পদ্ধতিতে সম্ভব নয়, তারজন্য প্রয়োজন বিশেষ পদ্ধতির। তার কারণ হচ্ছে, ঐ সব অ্যাসিডীয় মূলক পরবর্তী শ্রেণীর ক্ষারকীয় মূলকদের সাথে বিক্রিয়ার দ্বারা অ্যামোনিয়া দ্রাবকের মাধ্যমে অদ্রবণীয় লবণ তৈরী করে এবং আয়রন শ্রেণীর অদ্রবণীয় লবণের সাথে মিশে যায়। সেজন্য সর্বাগ্রে প্রয়োজন I এবং II গ্রুপকে পৃথক্ করার পর এইসব বাধাদানকারী অ্যাসিডীয় মূলকদের অপসারণ, তারপর সাধারণ পদ্ধতিতে IIIA গ্রুপ এবং তার পরবর্তী গ্রুপের পৃথকী-করণ। বিশেষ পদ্ধতি দ্বারা এই সব বাধাদানকারী অ্যাসিডীয় মূলকদের অপসারণ পরবর্তী স্তরে বর্ণনা করা হয়েছে (8.11; 8.12 এবং 8.13 সারণী দেখ)।

সাধারণ পদ্ধতিতে ক্ষারকীয় মূলকদের শ্রেণীগতভাবে পৃথকীকরণের ছক 180 পৃষ্ঠায় দেওয়া হল।

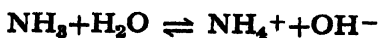
পরীক্ষা করবার জন্য যে লবণের শুষ্ক মিশ্রণ দেওয়া হয়, তার মধ্যে অ্যামোনিয়াম লবণ আছে কিনা দেখবার জন্য ধাতব আয়নগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে পৃথক করার পূর্বে ঐ লবণ মিশ্রণের কিছু অংশ (10 মি.গ্রা.) নিয়ে NaOH দ্রবণের সাথে মিশিয়ে পরীক্ষা করা প্রয়োজন।

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম লবণ থাকলে দীপশিখার রঙ দেখে পূর্বেই অনুমান করা সম্ভব হয়। তবে বাধাদানকারী অ্যাসিডীয় মূলক, বিশেষ করে ফসফেট, থাকলে দীপশিখার রঙ খালি চোখে ভাল বোঝা যায় না।

শ্রেণীগতভাবে এবং এককভাবে পৃথক করার সময় প্রত্যেকটি আয়নের বিক্রিয়া সম্বন্ধে ভাল জ্ঞান থাকা আবশ্যক। নতুবা বিষয়টি ঠিকমত উপলব্ধি করা যাবে না। “কেন হল”? এর উত্তর অন্ধকারেই থেকে যাবে। এ সম্বন্ধে আলোকপাত করার জন্য পরবর্তী পৃষ্ঠায় প্রত্যেকটি ধাতব আয়নের (ক্ষারকীয় মূলকের) বিভিন্ন বিকারকের সাথে বিক্রিয়া বিশদভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

NH_4OH বিকারক প্রকৃতপক্ষে NH_3 গ্যাসের জলীয় দ্রবণ। অবিয়োজিত

ক্ষারক NH_4OH-র অস্তিত্ব আছে কিনা সন্দেহজনক। অ্যামোনিয়া দ্রবণের ক্ষারকীয় ধর্ম

$$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4^++OH^-$$

সহজে বুঝতে হলে Lowry-Brönsted তত্ত্ব জানা দরকার।

জটিলতা কমাবার জন্য বিক্রিয়া সমীকরণে হাইড্রোনিয়াম আয়নের $[H_3O^+]$ পরিবর্তে H^+ লেখা হয়েছে। হাইড্রোজেন আয়ন H^+ অথবা প্রোটন জলীয় দ্রবণে মুক্ত অবস্থায় থাকে না, জলের অনুর সাথে যুক্ত অবস্থায় থাকে। এই প্রসঙ্গে উল্লেখ করা যেতে পারে যে, NH_3 দ্রবণে H_2S গ্যাস চালিত করলে প্রধানতঃ অ্যামোনিয়াম হাইড্রোসালফাইড NH_4HS তৈরী হয়। ঐ দ্রবণে $(NH_4)_2S$-র অস্তিত্ব সন্দেহজনক।

সাধারণ আঙ্গিক বিশ্লেষণে পরীক্ষা-নল, বীকার, শংকু-কূপী (conical flask) প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়। পরীক্ষাকার্যকালীন প্রত্যেকের যতদূর সম্ভব কম আয়তনের ও কম পরিমাণের বিকারক ব্যবহার করা উচিত।

8, 11. সারণী

শ্রেণীগতভাবে কারকীয় মূলকদের পৃথকীকরণের ছক

পরীক্ষা করবার জন্য 5 মি.লি. ঠান্ডা দ্রবণ নাও, কয়েক ফোঁটা ঠান্ডা ও লঘু HCl (1) দ্রবণ মেশাও, যদি সাদা অধঃক্ষেপ দেখ তাহলে যতক্ষণ নতুন সাদা অধঃক্ষেপ তৈরী হয় ততক্ষণ আরও বেশী ঠান্ডা ও লঘু HCl ক্রমাগত মেশাও। ছাঁক এবং অল্প পাতিত জল দিয়ে সাদা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও। ধোয়া জল দ্রবণের সাথে মেশাও।

অধঃক্ষেপ

এর মধ্যে থাকতে পারে I গ্রুপ।
$PbCl_2$—সাদা
Hg_2Cl_2—সাদা
AgCl—সাদা
সিলভার শ্রেণী উপস্থিত। 8,14 অথবা 8,15 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

পরিস্রুত: 3% H_2O_2 দ্রবণ মেশাও (2)। HCl-র গাঢ়ত্ব ঠিক কর যেন 0·3N (3) হয়। 80—90° সে. তাপমাত্রায় গরম কর ও H_2S গ্যাস প্রবাহিত করে সম্পৃক্ত কর। প্রয়োজন হলে উচ্চ চাপে (4) H_2S গ্যাস চালিত কর। ছাঁক ও অল্প জল দিয়ে ধুয়ে নাও। পরিস্রুত দ্রবণ পুনরায় গরম কর এবং H_2S গ্যাস চালিত কর। যদি অধঃক্ষেপ হয় পুনরায় ছেঁকে নাও।

অধঃক্ষেপ

রঙীন। এর মধ্যে থাকতে পারে IIA গ্রুপ।
HgS—কাল
PbS—কাল
Bi_2S_3—কাল
CuS—কাল
CdS—হলুদ
IIB গ্রুপ।
As_2S_3—হলুদ
Sb_2S_3—কমলা
SnS_2—হলুদ
কপার-আর্সেনিক শ্রেণী উপস্থিত। 8,16 অথবা 8,17; 8,18 অথবা 8,19 অথবা 8,20 সারণী অনুযায়ী

পরিস্রুত: পর্সেলীন খর্পরে অথবা ছোট বীকারে নাও, এবং বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় দ্রবণের আয়তন 10 মি.লি. কর। এই সঙ্গে H_2S গ্যাসও দূরীভূত হবে [লেড অ্যাসিটেট কাগজ দ্বারা পরীক্ষা করে দেখ]। 1—2 মি.লি. গাঢ় HNO_3 মেশাও (5) এবং উত্তপ্ত করে শুষ্ক কর।

যদি বোরেট ও ফ্লোরাইড উপস্থিত থাকে (6) তাহলে ঐ অবশিষ্ট লবণ 5—10 মি.লি. গাঢ় HCl সহযোগে বারংবার বাষ্পীভবন কর।

যদি শুধু বোরেট থাকে, ফ্লোরাইড না থাকে, তাহলে ঐ অবশিষ্ট লবণ 5 মি.লি. মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH)+10 মি.লি. গাঢ় HCl সহযোগে জলগাহের উপর রেখে বাষ্পীভবন কর (7)।

15 মি.লি. লঘু HCl মেশাও, গরম কর। সিলিকেট উপস্থিত থাকলে অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে (8), ছেঁকে নাও।

ফসফেট আছে কিনা পরীক্ষার জন্য 2 মি.লি. ঐ পরিস্রুত (সিলিকেট না থাকলে, ঐ দ্রবণ) নিয়ে 3 মি.লি. অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণের সাথে মেশাও, তারপর 2 মি.লি. গাঢ় HNO_3 দাও এবং 40° সে. তাপমাত্রায় গরম কর: হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ হলে বুঝতে হবে ফসফেট আছে। যদি ফসফেট থাকে (9) তাহলে ফসফেট অ্যানায়ন সম্পূর্ণরূপে অপসারণ করতে হবে (8,12 এবং 8,13 সারণী দেখ)।

যদি ফসফেট না থাকে তাহলে ২ গ্রাম NH_4Cl লবণ মেশাও, প্রয়োজন হলে গরম কর, তারপর লঘু NH_4OH দ্রবণ ধীরে ধীরে মেশাও যতক্ষণ না সমগ্র দ্রবণটি ক্ষারীয় হয় (লিটমাস কাগজ দিয়ে পরীক্ষা কর)। ২ মি.লি. NH_4OH দ্রবণ বেশী দাও, একটু গরম কর এবং শীঘ্র ছেঁকে নাও।

অধঃক্ষেপ

এর মধ্যে থাকতে পারে IIIA গ্রুপ।
$Fe(OH)_3$—বাদামী
$Cr(OH)_3$—সবুজ
$Al(OH)_3$—সাদা
আয়রন শ্রেণী উপস্থিত। 8,21 অথবা 8,22 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

পরিস্রুত: এক মিনিট সময় (10) H_2S গ্যাস চালিত কর। ছাঁক এবং ধুয়ে নাও।

অধঃক্ষেপ

এর মধ্যে থাকতে পারে IIIB গ্রুপ।
CoS—কাল
NiS—কাল
MnS—বেগুনী
ZnS—সাদা
জিংক শ্রেণী উপস্থিত। 8,23 অথবা 8,24 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

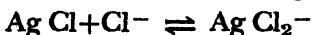
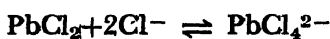
পরিস্রুত (11): পর্সেলীন খর্পরে অথবা বীকারে নাও, লঘু CH_3COOH (12) দাও, বাষ্পীভবন করে ভিজে ময়দার মত কর। ঠাণ্ডা করে 3 মি.লি. গাঢ় HNO_3 দাও এবং পুনরায় বাষ্পীভবন করে শুষ্ক কর। তারপর আরও উত্তপ্ত করে উদ্বায়ী অ্যামোনিয়াম লবণ (13) তাড়িয়ে দাও। ঠাণ্ডা করে 3 মি.লি. লঘু HCl ও 10 মি.লি. জল মেশাও। গরম কর ও প্রয়োজন হলে ছেঁকে নাও, 2·5 মি.লি. 10% NH_4Cl দ্রবণ মেশাও, NH_4OH দ্রবণ দিয়ে সমগ্র দ্রবণটি ক্ষারীয় কর (লিটমাস কাগজ), তারপর সম্পৃক্ত $(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ কিছু বেশী মেশাও, কাচের দণ্ড দিয়ে নাড়তে থাক এবং 50—60° সে. তাপে গরম কর পাঁচ মিনিট (14)। ছাঁক ও গরম জল দিয়ে ধুয়ে নাও।

অধঃক্ষেপ

এর মধ্যে থাকতে পারে IV গ্রুপ।
$BaCO_3$—সাদা
$SrCO_3$—সাদা
$CaCO_3$—সাদা
ক্যালসিয়াম শ্রেণী উপস্থিত। 8,25 অথবা 8,26 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

পরিস্রুত (15): বাষ্পীভবন করে ভিজে ময়দার মত কর। 3 মি.লি. গাঢ় HNO_3 দিয়ে সমস্ত অবশিষ্ট এক জায়গায় জড়ো কর এবং পুনরায় উত্তপ্ত করে HNO_3 ও উদ্বায়ী অ্যামোনিয়াম লবণ তাড়িয়ে দাও। অবশিষ্ট সাদা পদার্থ প্রমাণ করে V গ্রুপ অর্থাৎ ক্ষারীয় শ্রেণী উপস্থিত। 8,27 অথবা 8,28 সারণী অনুসারে পরীক্ষা কর।

টীকাঃ (1) যে লবণ পরীক্ষা করবার জন্য নেওয়া হয়েছে তা যদি লঘু HCl-এ সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে যায় তাহলে বুঝতে হবে Ag^+ এবং Hg_2^{2+} আয়ন নেই। যদি Pb^{2+} থাকে, তাহলে গরম অবস্থায় সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হবে, কিন্তু ঠাণ্ডা করলে অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। I গ্রুপে Pb^{2+} পৃথক করতে না পারলে আবার II গ্রুপে PbS অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। যদি HCl-র গাঢ়ত্ব বেশী হয়, তাহলে সিলভার ও লেড জটিল ক্লোরো আয়ন তৈরী করে দ্রবীভূত হতে পারে।

$$PbCl_2 + 2Cl^- \rightleftharpoons PbCl_4^{2-}$$
$$AgCl + Cl^- \rightleftharpoons AgCl_2^-$$

প্রশমিত দ্রবণে অথবা অল্প অ্যাসিডীয় দ্রবণে HCl মেশালে অনেক সময় অধঃক্ষেপ দেখা যায় যাদিও I গ্রুপ তখন অনুপস্থিত। নিম্নলিখিত কারণে ইহা ঘটে থাকেঃ

(ক) অ্যান্টিমনি, বিসমাথ ও টিন লবণের জলীয় দ্রবণ HCl-র সাথে অদ্রবণীয় অক্সিক্লোরাইড তৈরী করে। অবশ্য বেশী HCl-র উপস্থিতিতে আবার দ্রবীভূত হয়ে যায়।

(খ) যখন অ্যাসিড গাঢ়, তখন বোরিক অ্যাসিডের আংশিক অধঃক্ষেপ হতে পারে।

(গ) দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ বেশী হলে অর্থাৎ দ্রবণ গাঢ় হলে অধঃক্ষেপ হতে পারে, যেমন NaCl, $BaCl_2$, প্রভৃতি।

(ঘ) সিলিকেট থাকলে জেলির মত সিলিসিক অ্যাসিডের আংশিক অধঃক্ষেপ হতে পারে।

(ঙ) আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও টিনের থায়োলবণগুলি HCl-র সাথে বিক্রিয়ার ফলে অদ্রবণীয় সালফাইড তৈরী করে।

(চ) থায়োসালফেট থাকলে HCl-র সাথে বিক্রিয়ার ফলে SO_2 গ্যাস বের হয় এবং সাদা সালফারের অধঃক্ষেপণ হয়।

(2) যদি IIA গ্রুপ হতে IIB গ্রুপকে পৃথক করবার জন্য KOH দ্রবণ ব্যবহার করা হয়, তাহলে H_2O_2 দিয়ে Sn^{2+} কে Sn^{4+}-তে জারিত করতে হবে কারণ SnS আংশিকভাবে 2N-KOH দ্রবণে দ্রবণীয়। প্রয়োজনের অতিরিক্ত H_2O_2 গরম করার সময় ভেঙ্গে নষ্ট হয়ে যাবে। কিন্তু যদি $(NH_4)_2Sx$ দ্রবণ পৃথক করার জন্য ব্যবহার করা হয়, তাহলে H_2O_2 মেশাবার প্রয়োজন নেই। $(NH_4)_2Sx$ নিজেই SnS কে জারিত করে SnS_2 করবে। যদি আর্সেনাইট থাকে, তাহলে H_2O_2 মেশাবে না. $(NH_4)_2Sx$ দ্রবণ ব্যবহার করবে।

(3) H_2S গ্যাস চালিত করার পূর্বে দ্রবণে HCl-র গাঢ়ত্ব 0·3N-র কাছাকাছি ঠিক করে নেওয়া দরকার। যদি HCl-র গাঢ়ত্ব বেশী হয় তাহলে লেড, ক্যাডমিয়াম ও টিনের অধঃক্ষেপ আংশিক হবে; যদি HCl-র গাঢ়ত্ব কম হয় তাহলে IIIB গ্রুপ সালফাইড অধঃক্ষেপ এখানেই হতে পারে। দ্রবণে অ্যাসিড গাঢ়ত্ব এই ভাবে ঠিক করা যায়ঃ এক ফোঁটা মিথাইল ভায়োলেট (0·1% জলীয় দ্রবণ) সূচক দ্রবণ মেশাও এবং প্রয়োজন অনুসারে লঘু HCl অথবা NH_4OH ফোঁটা ফোঁটা মিশিয়ে দ্রবণের রঙ পীতাভ-সবুজ (yellow-green) কর। অন্যভাবে, 5 মি.লি. N-CH_3COONa + 10 মি.লি. N-HCl বাফার দ্রবণ (pH 0·5) প্রয়োগ করলে মোটামুটি ভাল ফল পাওয়া যায়।

(4) সাধারণতঃ কোন দ্রবণের মধ্যে H_2S গ্যাস চালিত করা হয় বুদবুদের আকারে। কিন্তু একথা মনে রাখা দরকার যে, অ্যাসিডীয় দ্রবণে H_2S গ্যাসের দ্রবণীয়তা কম থাকায় বেশীর ভাগ H_2S কাজে না লেগে নষ্ট হয় এবং H_2S গ্যাস খুবই দূষিত। সেজন্য অধিক চাপে H_2S গ্যাস চালিত করলে গ্যাস নষ্ট হবে কম এবং অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হবে শীঘ্র।

যদি কোন জারক দ্রব্য থাকে (আর্সেনেট, পারম্যাঙ্গানেট, ডাইক্রোমেট, ইত্যাদি) তাহলে H_2S গ্যাস চালিত করার সঙ্গে সঙ্গে কলয়েডীয় সালফারের অধঃক্ষেপ দেখতে পাবে এবং/অথবা দ্রবণের রঙের পরিবর্তন হবে। তখন গরম দ্রবণের মধ্যে H_2S গ্যাস চালনা করার পূর্বে SO_2 গ্যাস চালিত করে বিজারণ সম্পূর্ণ কর এবং দ্রবণটিকে ফুটিয়ে অতিরিক্ত SO_2 গ্যাস তাড়িয়ে দাও ($K_2Cr_2O_7$ কাগজ দিয়ে পরীক্ষা কর)। SO_2 থেকে গেলে H_2S-র সাথে বিক্রিয়ার ফলে সালফারের অধঃক্ষেপণ হবে। আর্সেনেট থাকলে প্রথমে তা H_2S দ্বারা আর্সেনাইট হয়ে তারপর As_2S_3 অধঃক্ষেপণ হয়। এইজন্য অধঃক্ষেপণ ধীরে ধীরে হয়। সেজন্য SO_2 দ্বারা বিজারণ করলে আর্সেনাইটে রূপান্তরিত হয় এবং As_2S_3 অধঃক্ষেপণ শীঘ্র সম্পূর্ণ হয়। কিন্তু দ্রবণে যদি Pb, Sr এবং Ba থাকে, তাহলে আংশিক ভাবে এদের অদ্রবণীয় সালফেট তৈরী হবে কারণ H_2SO_3-কে বাতাসে গরম করলে কিছু H_2SO_4-এ রূপান্তরিত হয়। এই অধঃক্ষেপ নিয়ে আলাদাভাবে পরীক্ষা করে ধাতব আয়নের সন্ধান করা যেতে পারে।

বেশী পরিমাণ গাঢ় HCl দিয়ে অনেকক্ষণ ধরে H_2S গ্যাস চালনা করে বিজারণ করতে অনেকে অনুমোদন করেন। অ্যালকোহল ও HCl মিশিয়ে ফোটালেও বিজারণ হবে।

(5) ফেরাস লবণ অ্যামোনিয়া দ্বারা আংশিকভাবে পৃথক হয়। গাঢ়

HNO_3 দিয়ে গরম করলে ফেরাস ফেরিকে রূপান্তরিত হয় এবং Fe পৃথকীকরণ সম্পূর্ণ হয়।

(6) ক্ষারীয় দ্রবণে IIIB, IV গ্রুপ এবং ম্যাগনেসিয়াম বোরেট এবং ফ্লোরাইড অদ্রবণীয়। সেজন্য IIIA গ্রুপের সাথে এদের অধঃক্ষেপণ হবে। বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় বাষ্পের সাথে H_3BO_3 এবং HCl-র সাথে HF দূর হয়।

(7) বোরিক অ্যাসিড, H_3BO_3, একা থাকলে উদ্বায়ী মিথাইল বোরেট, $B(OCH_3)_3$ হিসাবে শীঘ্র তাড়ান সহজ হবে।

(8) সিলিকেট এখানে না সরালে $Al(OH)_3$-র সাথে ভুল হবে। বারংবার গাঢ় HCl সহযোগে বাষ্পীভবন করলে অদ্রবণীয় সিলিকাতে পরিণত হবে এবং পৃথক করতে সুবিধা হবে।

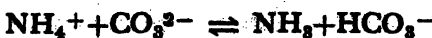
(9) IIIA, IIIB ও IV গ্রুপের ধাতুগুলির এবং Mg-র ফসফেট জলে এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে অদ্রবণীয়। সুতরাং এখানে ঐসব ধাতুগুলির অধঃক্ষেপ হতে পারে। ফসফেট পৃথকীকরণের জন্য 8,12 এবং 8,13 সারণী দেখ।

(10) ক্ষারীয় মাধ্যমে H_2S-র দ্রবণীয়তা বেশী। বেশীক্ষণ ধরে H_2S গ্যাস চালিত করলে আংশিকভাবে কলয়েডীয় NiS তৈরী হবে। CH_3COOH মাধ্যমে H_2S গ্যাস চালিত করলে এই অসুবিধা দূর হতে পারে।

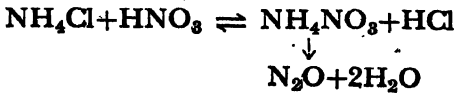
(11) IIIB গ্রুপের পৃথকীকরণের পর পরিস্রুত যদি রঙীন ও ঘোলাটে হয়, তাহলে বুঝতে হবে কলয়েডীয় NiS ছাঁকন কাগজের ভিতর দিয়ে চলে এসেছে। তখন CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় মাধ্যম করে নিয়ে ফোটালে NiS ঘনীভূত হবে এবং অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। ছাঁকন কাগজ টুকরো টুকরো করে ছিঁড়ে জলে ফোটালে কাগজের মণ্ড বা লেই তৈরী হবে। ছাঁকবার পূর্বে দ্রবণের মধ্যে সেই কাগজের মণ্ড মিশিয়ে ছাঁকলে বর্ণহীন স্বচ্ছ পরিস্রুত পাওয়া যায়।

(12) পরিস্রুত শীঘ্র অ্যাসিডীয় করে নিয়ে ফোটালে H_2S দূরীভূত হবে। দেরী করলে অ্যামোনিয়াম সালফাইড বাতাস হতে অক্সিজেন গ্রহণ করে জারিত হবে এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈরী হবে। তখন Ba এবং /অথবা Sr থাকলে অদ্রবণীয় সালফেট অধঃক্ষেপণ হবে।

(13) অ্যামোনিয়াম আয়ন অ্যাসিডধর্মী হওয়ার দরুন নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটবেঃ

$$NH_4^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons NH_3 + HCO_3^-$$

তাহলে প্রথমতঃ কার্বনেট আয়নের গাঢ়ত্ব কমে যাবে, দ্বিতীয়তঃ জলে দ্রবণীয় Ba, Sr এবং Ca-র বাইকার্বনেট তৈরী হবে। তখন আংশিক অধঃক্ষেপণ হবে।

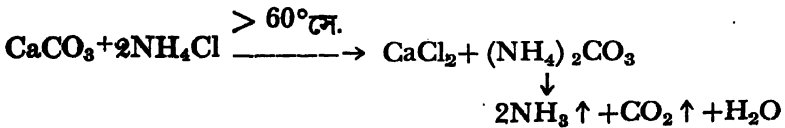
গাঢ় HNO_3 কম তাপমাত্রায় NH_4Cl লবণের বিযোজন ঘটায়ঃ

$$NH_4Cl + HNO_3 \rightleftharpoons NH_4NO_3 + HCl$$
$$NH_4NO_3 \downarrow N_2O + 2H_2O$$

উত্তপ্ত করার সময় অগ্ন্যুত্তাপে চট্‌পট্‌ শব্দ করে লাফিয়ে অথবা ছিট্‌কে পড়ে নষ্ট না হয় সেদিকে লক্ষ রাখা দরকার

(14) দ্রবণটি 50° সে. তাপমাত্রায় গরম করলে যদি কোন বাইকার্বনেট লবণ তৈরী হয়ে থাকে তাহলে ভেঙ্গে যাবেঃ

$$Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

কিন্তু দ্রবণটি ফোটালে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটবেঃ

$$CaCO_3 + 2NH_4Cl \xrightarrow{> 60^\circ \text{সে.}} CaCl_2 + (NH_4)_2CO_3$$
$$(NH_4)_2CO_3 \downarrow 2NH_3 \uparrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

(15) অল্পমাত্রায় $CaCO_3$, $SrCO_3$ এবং $BaCO_3$-র দ্রবণীয়তা থাকার দরুণ IV গ্রুপের পরিস্রুতের মধ্যে চলে আসবে এবং Mg বলে ভুল হবে। সেজন্য IV গ্রুপের পরিস্রুত কিছু $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণ ও $(NH_4)_2C_2O_4$ দ্রবণ সহযোগে গরম করতে হবে। যদি অধঃক্ষেপ দেখা যায় ছেঁকে পৃথক করতে হবে। তাহলে আর ভুল হবার সম্ভাবনা থাকবে না।

8, 11 সারণী অনুসারে পরীক্ষা করে যদি ফসফেট পাওয়া যায়, তাহলে নিম্নলিখিত নির্দেশ অনুসারে বিশ্লেষণ করে ফসফেট অপসারণ করতে হবে।

8, 12. সারণী, ফসফেট অপসারণ

(অ্যাসিটেট বাফার—$FeCl_3$ পদ্ধতি) (1)

দ্রবণের মধ্যে NH_4Cl ও সামান্য বেশী NH_4OH মেশালে যদি অধঃক্ষেপণ হয় (2) তাহলে ফোঁটা ফোঁটা লঘু HCl যৎকিঞ্চিৎ সম্ভব মিশিয়ে সেই অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত কর। আয়রন আছে কিনা দেখবার জন্য 1 মি.লি.

ঐ দ্রবণ নিয়ে $K_4Fe(CN)_6$ দ্রবণ মিশিয়ে পরীক্ষা কর, তারপর ফেলে দাও। বাকী দ্রবণের মধ্যে ঠাণ্ডা অবস্থায় ফোঁটা ফোঁটা লঘু NH_4OH মেশাও যতক্ষণ না দ্রবণটি যৎসামান্য ক্ষারীয় (3) হয় (লিটমাস কাগজ)। তারপর 3 মি.লি. লঘু CH_3COOH (1 : 1) এবং 10 মি.লি. সম্পৃক্ত অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ মেশাও (pH 4·6)। যদি কোন অধঃক্ষেপ এখানে দেখতে পাও, তাহলে উপেক্ষা কর। দ্রবণ যদি লালাভ-বাদামী রঙের (4) না হয় তাহলে দ্রবণটি কাচদণ্ড দিয়ে নাড়তে নাড়তে প্রশম $FeCl_3$ দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা মেশাও যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণটির রঙ ফিকে লাল (5) হয় এবং সমগ্রটির রঙ দুধ মিশ্রিত চায়ের মত হয়। জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন 150 মি.লি. কর এবং মাঝে মাঝে নাড়া দিয়ে 3 মিনিট ফোটাও, তারপর গরম অবস্থায় ছাঁক।

অধঃক্ষেপঃ এর মধ্যে থাকতে পারে Fe, Al এবং Cr-র ফসফেট, ক্ষারকীয় অ্যাসিটেট, (6) এবং $Fe(OH)_3$। 8, 21 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

পরিস্রুতঃ বাষ্পীভবন করে দ্রবণের আয়তন 20 মি.লি. কর। 0·5 গ্রাম NH_4Cl ও সামান্য বেশী লঘু NH_4OH মেশাও। যদি অধঃক্ষেপণ হয়, ছাঁক।

অধঃক্ষেপঃ বাতিল কর।

পরিস্রুতঃ IIIB, IV এবং V গ্রুপের বিশ্লেষণ কর।

টীকাঃ (1) এই পদ্ধতির মূলগত তত্ত্বকথা হচ্ছে যে,

(ক) $FePO_4$, $AlPO_4$ এবং কিছুটা $CrPO_4$ লঘু CH_3COOH — CH_3COONH_4 বাফার দ্রবণে গরম অবস্থায় অদ্রবণীয়, কিন্তু IIIB ও IV গ্রুপের ধাতব ফসফেটগুলি এবং ম্যাগনেসিয়াম ফসফেট উক্ত বাফার দ্রবণে দ্রবণীয়। PO_4^{3-} আয়নের সাথে H^+ আয়ন এবং ধাতব আয়নগুলির যুক্ত হবার প্রতিযোগিতা থাকায় ধাতব ফসফেটগুলির দ্রবণীয়তায় তারতম্য ঘটে।

(খ) $FeCl_3$ দ্রবণ নিম্নলিখিত কারণে ব্যবহার করা হয়েছেঃ

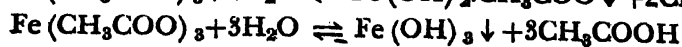
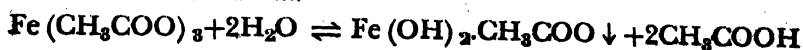
(*i*) ফেরিক আয়ন ফসফেট আয়নের সমযোজী বিপরীত ধর্মী আয়ন।

(*ii*) ফেরিক আয়নকে II গ্রুপের পরিস্রুতে সহজে ধরা যায়।

(*iii*) $FePO_4$ অ্যাসিটিক অ্যাসিড মাধ্যমে সবচেয়ে কম দ্রবণীয়।

(*iv*) ফেরিক আয়ন রঙীন হওয়ার দ্রবণে ফেরিক আয়নের উপস্থিতি সহজে খালি চোখে দেখা যায়।

(v) ফেরিক আয়ন সহজে ক্ষারকীয় অ্যাসিটেট হিসাবে এবং $Fe(OH)_3$ হিসাবে অপসারণ করা যায়।

$$Fe(CH_3COO)_3+2H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_2.CH_3COO\downarrow+2CH_3COOH$$
$$Fe(CH_3COO)_3+3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3\downarrow+3CH_3COOH$$

কিন্তু সমীকরণগুলি উভমুখী হওয়ার দরুণ ঠাণ্ডা অবস্থায় বিক্রিয়া-গতি বিপরীতমুখী হয়।

(2) সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও অ্যামোনিয়াম ফসফেট থাকলে অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে না। ফসফেটের উপস্থিতিতে রঙীন শিখা পরীক্ষায় সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ভাল বোঝা যায় না। সেজন্য ফসফেট অপসারণ করে শিখা পরীক্ষা করতে হবে। তবে উপরোক্ত সারণী অনুসারে ফসফেট অপসারণ না করে এইভাবে করঃ—সামান্য ক্ষারীয় দ্রবণে $FeCl_3$ দ্রবণ মেশাও। $FePO_4$-র অধঃক্ষেপ ছাঁকন কাগজ দিয়ে ছেঁকে নাও। পরিস্রুত বাষ্পী-ভবন প্রক্রিয়ায় শুকিয়ে নাও এবং শুষ্ক অবশেষ গাঢ় HNO_3 দিয়ে উত্তপ্ত করার পর সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের জন্য শিখা পরীক্ষা কর।

(3) অতিরিক্ত NH_4OH সহযোগে IIIB গ্রুপের ধাতব আয়নগুলি জটিল আয়ন তৈরী করে এবং দ্রবীভূত হয়ে যায়।

(4) যদি পরীক্ষণীয় দ্রবণের মধ্যে আয়রন থাকে, তাহলে লালাভ-বাদামী রঙের অধঃক্ষেপণ হবে। আরও প্রশম $FeCl_3$ দ্রবণ মেশাতে হবে কিনা এইভাবে পরীক্ষা করে দেখঃ পরিস্রুতের কিছু অংশ + গাঢ় HNO_3 + অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ, গরম কর, যদি হলুদ অধঃক্ষেপণ হয় বুঝতে হবে ফসফেট সম্পূর্ণ অপসারণ হয় নাই, আরও $FeCl_3$ দ্রবণ মেশাতে হবে। যদি হলুদ অধঃক্ষেপণ না হয়, তাহলে আর $FeCl_3$ দ্রবণ মেশাতে হবে না।

(5) রঙীন অধঃক্ষেপ থাকার জন্য দ্রবণের রঙ বোঝা যাবে না। সেজন্য কিছুটা ছেঁকে নিয়ে দ্রবণের রঙ দেখ, অথবা দ্রবণটিতে NH_4OH মিশিয়ে দেখ কোন রঙীন অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। $FeCl_3$ দ্রবণের পরিমাণ খুব বেশী হয়ে গেলে $FePO_4$ অধঃক্ষেপ কিছুটা দ্রবীভূত হয়ে যাবে।

(6) কোন দ্রবণে যদি Fe, Al এবং Cr আয়ন থাকে এবং সেই দ্রবণ CH_3COONH_4 মিশিয়ে জল দিয়ে লঘু করে ফোটালে ক্ষারকীয় আয়রন অ্যাসিটেট সম্পূর্ণরূপে এবং ক্ষারকীয় অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিটেট আংশিক-ভাবে অধঃক্ষিপ্ত হবে। Cr একাকী থাকলে ক্ষারকীয় ক্রোমিয়াম অ্যাসিটেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হবে না। তবে Fe এবং Al সঙ্গে থাকলে বেশ কিছুটা সহ অধঃক্ষেপণ হবে।

8, 13. সারণী: ফসফেট অপসারণ

(জ্যারকোনিয়াম নাইট্রেট পদ্ধতি)

10 মি.লি. (1) দ্রবণ নাও এবং উপযুক্ত পরিমাণ গাঢ় HCl অথবা জল ঢেলে HCl-র গাঢ়ত্ব 1N-এ ঠিক রাখ (2)। 1 গ্রাম NH_4Cl মেশাও, তারপর ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে জ্যারকোনিল নাইট্রেট দ্রবণ (3) মেশাও যতক্ষণ পর্যন্ত না অধঃক্ষেপণ শেষ হয় (4)। শক্ত পরীক্ষা-নলে অথবা ছোট বীকারে দ্রবণটি নাও, কিছু কাগজের মণ্ড (5) মেশাও, এবং ফোটাও (সাবধান যেন ছিটকে না পড়ে)। তারপর ছাঁকন কাগজে ছাঁক। 2 মি.লি. গরম জল দিয়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও।

<table>
<tr>
<td rowspan="2">**অধঃক্ষেপঃ** ফেলে দাও (জ্যারকোনিয়াম অথবা জ্যারকোনিল- ফসফেট)</td>
<td colspan="2">**পরিস্রুত** (6)**:** 0·5 গ্রাম NH_4Cl মিশিয়ে NH_4OH দ্রবণ এমনভাবে দাও যাতে প্রয়োজনের কিছু বেশী হয় এবং 2—3 মিনিট ফোঁটাও। ছাঁক।</td>
</tr>
<tr>
<td>**অধঃক্ষেপঃ** IIIA গ্রুপ এবং অতিরিক্ত জ্যারকোনিয়াম। 8,21 অথবা 8,22 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর। জ্যারকোনিয়াম আয়রনের সাথে থাকবে, তবে KCNS অথবা $K_4Fe(CN)_6$ দ্রবণ দিয়ে আয়রন পরীক্ষায় অসুবিধা ঘটবে না।</td>
<td>**পরিস্রুতঃ** পর্যায়ক্রমে IIIB, IV এবং V গ্রুপের বিশ্লেষণ কর।</td>
</tr>
</table>

টীকা: (1) প্রয়োজন হলে বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় দ্রবণের আয়তন কমিয়ে 10 মি.লি. কর।

(2) HCl-র গাঢ়ত্ব 1N-র বেশী হলে জ্যারকোনিয়াম ফসফেটের অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হবে না।

(3) জ্যারকোনিল নাইট্রেট বিকারক দ্রবণঃ 6·5 মি.লি. গাঢ় HNO_3-এ 10 গ্রাম জ্যারকোনিল নাইট্রেট* [$ZrO(NO_3)_2$, $2H_2O$] মেশাও, তারপর জল দিয়ে 100 মি.লি. আয়তন কর। কাচদণ্ড দিয়ে সর্বদাই নাড়তে থাক এবং ফোটাও। 24 ঘণ্টা রেখে দাও, তারপর উপর থেকে স্বচ্ছ দ্রবণ ঢেলে নাও।

* বাজারে প্রাপ্ত জ্যারকোনিল নাইট্রেট লবণে অনেক সময় কিছু আয়রন অপদ্রব্য (impurity) হিসাবে থাকে।

(4) বিকারক প্রয়োজনের তুলনায় অনেক বেশী হলে কলয়েডীয় দ্রবণ তৈরী হবে।

(5) কলয়েডীয় দ্রবণ তৈরী হওয়ার সম্ভাবনা থাকার জন্য এবং ছাঁকন প্রক্রিয়া দ্রুততর করার জন্য ছাঁকন কাগজের মণ্ড মেশাতে হয়।

(6) ফসফেট সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হয়েছে কিনা দেখবার জন্য পরিস্রুতের কিছু অংশ নিয়ে জ্যারকোনিল নাইট্রেট বিকারক মিশিয়ে পরীক্ষা করা উচিত।

8, 14. সারণী: সিলভার শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

ছাঁকন কাগজের উপর সাদা অধঃক্ষেপ (1) অতি লঘু HCl দিয়ে অল্প একটু ধুয়ে নাও। ঐ অধঃক্ষেপ জলসহ একটি ছোট বীকারে নাও, উত্তপ্ত করে ফোটাও এবং গরম অবস্থায় ছাঁক।

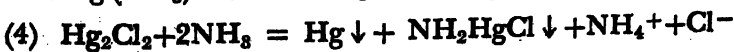
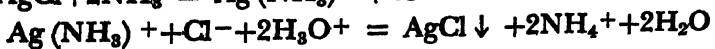
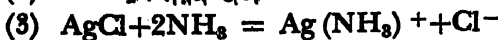
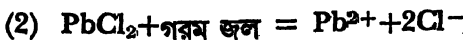
<table>
<tr><td colspan="2">অধঃক্ষেপ: Hg_2Cl_2 ও AgCl থাকতে পারে। গরম জল দিয়ে অধঃক্ষেপ ভালভাবে ধুয়ে নাও। তারপর অল্প গরম লঘু NH_4OH অধঃক্ষেপের উপর ঢাল।</td><td rowspan="2">পরিস্রুত: $PbCl_2$ দ্রবণ (2) থাকতে পারে। পরিস্রুত কয়েকটি ভাগে ভাগ কর:
(i) একটি ভাগে K_2CrO_4 দ্রবণ মেশাও—হলুদ $PbCrO_4$ অধঃক্ষেপ, লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।
লেড আছে।
(ii) বাকী দ্রবণ নিয়ে লেড আয়নের অন্যান্য পরীক্ষাগুলি কর।</td></tr>
<tr><td>অধঃক্ষেপ (4): ছাঁকন কাগজের উপর কাল অবশেষ. ($Hg + NH_2HgCl$)
মারকারী আছে।</td><td>পরিস্রুত: $Ag(NH_3)_2Cl$ দ্রবণ (3) থাকতে পারে। লঘু HNO_3 মিশিয়ে দ্রবণটি অ্যাসিডীয় কর। দই-র মত সাদা AgCl অধঃক্ষেপ।
সিলভার আছে।</td></tr>
</table>

মন্তব্য: (1) AgCl ও Hg_2Cl_2 লঘু HCl দ্রবণে অদ্রবণীয়। $PbCl_2$ লঘু HCl দ্রবণে আংশিক দ্রবণীয়। অন্যান্য গ্রুপের ধাতব ক্লোরাইডগুলি দ্রবণীয়।

(2) $PbCl_2$+গরম জল $= Pb^{2+} + 2Cl^-$

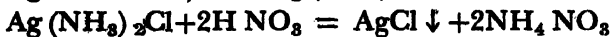
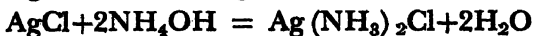
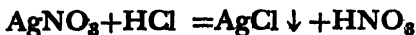
(3) $AgCl + 2NH_3 = Ag(NH_3)^+ + Cl^-$

$Ag(NH_3)^+ + Cl^- + 2H_3O^+ = AgCl\downarrow + 2NH_4^+ + 2H_2O$

(4) $Hg_2Cl_2 + 2NH_3 = Hg\downarrow + NH_2HgCl\downarrow + NH_4^+ + Cl^-$

8. 40. সিলভার আয়নের বিক্রিয়া

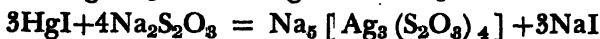
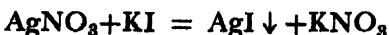
$AgNO_3$-র জলীয় দ্রবণ ব্যবহার কর:

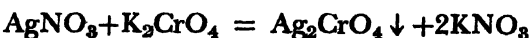
1. লঘু HCl: দই-র মত সাদা অধঃক্ষেপ, HNO_3-এ অদ্রবণীয় কিন্তু অতিরিক্ত NH_4OH-এ দ্রবণীয়। ঐ দ্রবণ HNO_3 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করলে পুনরায় সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$AgNO_3+HCl = AgCl\downarrow + HNO_3$$
$$AgCl+2NH_4OH = Ag(NH_3)_2Cl+2H_2O$$
$$Ag(NH_3)_2Cl+2HNO_3 = AgCl\downarrow + 2NH_4NO_3$$

AgCl অধঃক্ষেপ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণে দ্রবণীয়:

$$2AgCl+3Na_2S_2O_3 = Na_4[Ag_2(S_2O_3)_3]+2NaCl$$

2. KI দ্রবণ: ফিকে হলুদ অধঃক্ষেপ, HNO_3-এ এবং NH_4OH-এ অদ্রবণীয়, $Na_2S_2O_3$ দ্রবণে দ্রবণীয়।

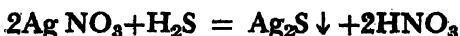
$$AgNO_3+KI = AgI\downarrow + KNO_3$$
$$3HgI+4Na_2S_2O_3 = Na_5[Ag_3(S_2O_3)_4]+3NaI$$

3. K_2CrO_4 দ্রবণ: Ag_2CrO_4-র লাল অধঃক্ষেপ, CH_3COOH-এ অদ্রবণীয়, কিন্তু HNO_3-এ এবং NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

$$AgNO_3+K_2CrO_4 = Ag_2CrO_4\downarrow + 2KNO_3$$

রঙীন দাগ পরীক্ষা: এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ ঘড়ি কাচে নাও, এক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশিয়ে কাচ দণ্ড দিয়ে নাড় [Pb এবং Hg (আস) অদ্রবণীয় কার্বনেট তৈরী করবে]। এক ফোঁটা স্বচ্ছ দ্রবণ ওখান থেকে নিয়ে বিন্দু-বিক্রিয়া কাগজে (drop reaction paper) রাখ, তারপর এক ফোঁটা K_2CrO_4 দ্রবণ মেশাও। একটা লাল রঙের রিং পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—2 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 25,000

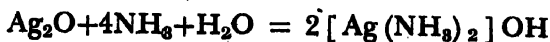
বিকারক দ্রবণ: N-CH_3COOH দ্রাবকে 1% K_2CrO_4 দ্রবণ।

4. H_2S: কাল Ag_2S অধঃক্ষেপ, জলে এবং NH_4OH দ্রবণে অদ্রবণীয়, কিন্তু উষ্ণ লঘু HNO_3-এ দ্রবণীয়।

$$2AgNO_3+H_2S = Ag_2S\downarrow + 2HNO_3$$
$$3Ag_2S+8HNO_3 = 6AgNO_3+2NO+3S+4H_2O$$

5. NaOH দ্রবণ: Ag_2O-র কালচে বাদামী অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়।

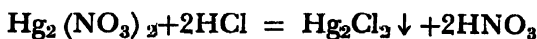
$$2AgNO_3+2NaOH = Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3+H_2O$$

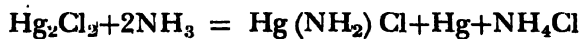
6. অ্যামোনিয়া দ্রবণ: Ag_2O-র কালচে বাদামী অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়।

$$Ag_2O+4NH_3+H_2O = 2[Ag(NH_3)_2]OH$$

8, 41. মারকারী (আস্) আয়নের বিক্রিয়া

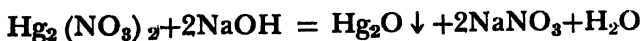
$Hg_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

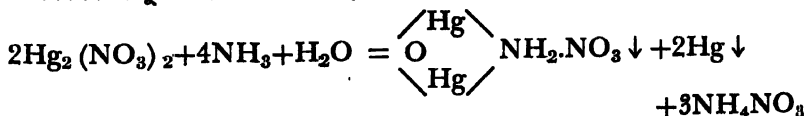
1. লঘু HCl: Hg_2Cl_2-র (calomel) সাদা অধঃক্ষেপ, গরম জলে এবং ঠাণ্ডা লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয়, কিন্তু অম্লরাজে (aqua regia) দ্রবণীয়। অম্লরাজ Hg_2^{2+} আয়নকে জারিত করে Hg^{2+} আয়নে পরিণত করে এবং $HgCl_2$ জলে দ্রবণীয়।

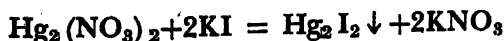
$$Hg_2(NO_3)_2+2HCl = Hg_2Cl_2\downarrow+2HNO_3$$

Hg_2Cl_2-র সাদা অধঃক্ষেপ NH_4OH-র সংস্পর্শে কাল হয়ে যায়:

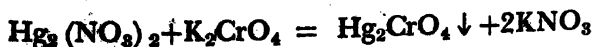
$$Hg_2Cl_2+2NH_3 = Hg(NH_2)Cl+Hg+NH_4Cl$$

অ্যামিনো মারাকডারক ক্লোরাইড (সাদা)   কাল

2. NaOH দ্রবণ: Hg_2O-র কাল অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়।

$$Hg_2(NO_3)_2+2NaOH = Hg_2O\downarrow+2NaNO_3+H_2O$$

3. অ্যামোনিয়া দ্রবণ: কাল অধঃক্ষেপ (অ্যামিনো-মার্কিউরিক লবণ এবং মারকারী ধাতুর ছোট ছোট কণা)।

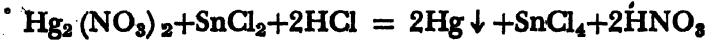
$$2Hg_2(NO_3)_2+4NH_3+H_2O = O\begin{matrix}/Hg\backslash \\ \backslash Hg/\end{matrix}NH_2.NO_3\downarrow+2Hg\downarrow+3NH_4NO_3$$

4. KI দ্রবণ: পীতাভ-সবুজ বর্ণের Hg_2I_2 অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়। পটাসিয়াম মারকিউরী-আয়োডাইড $K_2[HgI_4]$ এবং ছোট ছোট মারকারী কণা পাওয়া যায়।

$$Hg_2(NO_3)_2+2KI = Hg_2I_2\downarrow+2KNO_3$$
$$Hg_2I_2+2KI = K_2[HgI_4]+Hg\downarrow$$

5. K_2CrO_4 দ্রবণ: ঠাণ্ডা অবস্থায় বাদামী Hg_2CrO_4 অধঃক্ষেপ, গরম করলে লাল হয়ে যায়।

$$Hg_2(NO_3)_2+K_2CrO_4 = Hg_2CrO_4\downarrow+2KNO_3$$

6. H_2S: তৎক্ষনাৎ HgS এবং Hg-র কাল অধঃক্ষেপ (Hg^{2+} আয়ন হতে পার্থক্য)।

$$Hg_2(NO_3)_2+H_2S = 2HNO_3+HgS\downarrow+Hg\downarrow$$

7. $SnCl_2$ দ্রবণ: অতিরিক্ত বিকারকে Hg-র কালচে অধঃক্ষেপ।

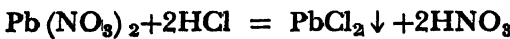
$$Hg_2(NO_3)_2+SnCl_2+2HCl = 2Hg\downarrow+SnCl_4+2HNO_3$$

8. KNO_2 দ্রবণ: Hg-র কালচে অধঃক্ষেপ (Hg^{2+} আয়ন হতে পার্থক্য)।

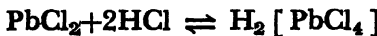
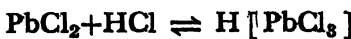
রঙীন দাগ পরীক্ষা—এক ফোঁটা অতি লঘু অ্যাসিডীয় দ্রবণ বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে নাও এবং এক ফোঁটা গাঢ় KNO_2 দ্রবণ যোগ কর। একটি কাল দাগ সৃষ্টি হবে। রঙীন আয়ন থাকলে বাদামী রঙের দাগ মনে হয়, কিন্তু জল দিয়ে ধুয়ে নিলে কেবল মাত্র কাল দাগ থাকে।

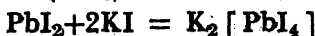
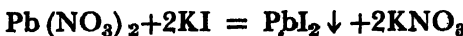
8, 42. লেড আয়নের বিক্রিয়া

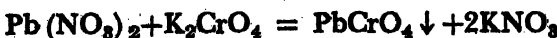
$Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

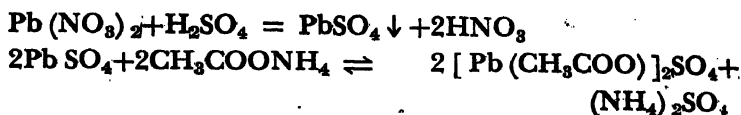
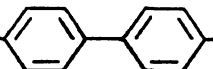
1. লঘু HCl: ঠাণ্ডা অবস্থায় $PbCl_2$-র সাদা অধঃক্ষেপ, গরম করলে দ্রবীভূত হয়ে যায়, ঠাণ্ডা করলে সূচের ন্যায় সাদা কেলাস পাওয়া যায়।

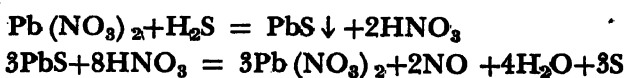
$$Pb(NO_3)_2+2HCl = PbCl_2\downarrow+2HNO_3$$

গাঢ় HCl-র উপস্থিতিতে $PbCl_2$ দ্রবীভূত হয়ে যায় (জটিল আয়ন উৎপন্ন হয়)।

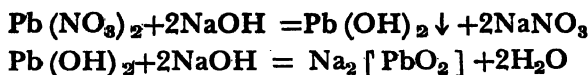
$$PbCl_2+HCl \rightleftharpoons H[PbCl_3]$$
$$PbCl_2+2HCl \rightleftharpoons H_2[PbCl_4]$$

2. KI দ্রবণ: হলুদ বর্ণের PbI_2 অধঃক্ষেপ, গরম করে ফোটালে পরিমিত পরিমাণে দ্রবণীয়, ঠাণ্ডা করলে সোনালী চুমকি রূপে (golden spangle) দৃষ্টিগোচর হয়। অতিরিক্ত বিকারকে অধঃক্ষেপ দ্রবণীয় (জটিল আয়ন উৎপন্ন হয়)।

$$Pb(NO_3)_2+2KI = PbI_2\downarrow+2KNO_3$$
$$PbI_2+2KI = K_2[PbI_4]$$

3. K_2CrO_4 দ্রবণ: হলুদ বর্ণের $PbCrO_4$ অধঃক্ষেপ, CH_3COOH ও NH_4OH-এ অদ্রবণীয়, কিন্তু HNO_3 এবং ক্ষারকীয় হাইড্রোক্সাইডে দ্রবণীয়।

$$Pb(NO_3)_2+K_2CrO_4 = PbCrO_4\downarrow+2KNO_3$$
$$PbCrO_4+4NaOH = Na_2[PbO_2]+Na_2CrO_4+2H_2O$$

4. লঘু H_2SO_4ঃ সাদা $PbSO_4$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়, গাঢ় CH_3COONH_4 দ্রবণে দ্রবণীয়।

$$Pb(NO_3)_2+H_2SO_4 = PbSO_4\downarrow+2HNO_3$$
$$2PbSO_4+2CH_3COONH_4 \rightleftharpoons 2[Pb(CH_3COO)]_2SO_4+(NH_4)_2SO_4$$

5. H_2Sঃ কাল PbS অধঃক্ষেপ, $(NH_4)_2S$ দ্রবণে অদ্রবণীয়, উষ্ণ লঘু HNO_3-এ দ্রবণীয়।

$$Pb(NO_3)_2+H_2S = PbS\downarrow+2HNO_3$$
$$3PbS+8HNO_3 = 3Pb(NO_3)_2+2NO+4H_2O+3S$$

6. NaOH দ্রবণঃ সাদা $Pb(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়।

$$Pb(NO_3)_2+2NaOH = Pb(OH)_2\downarrow+2NaNO_3$$
$$Pb(OH)_2+2NaOH = Na_2[PbO_2]+2H_2O$$

7. বেনজিডিন (Benzidine) $H_2N-C_6H_4-C_6H_4-NH_2$ ঃ এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে নাও, 2—3 বার যথাক্রমে 2 ফোঁটা 3N-NaOH এবং এক ফোঁটা সম্পৃক্ত Br_2 দ্রবণ (জলীয়) মেশাও, 2 ফোঁটা 1 : 1 অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ কর, তারপর ছোট দীপ শিখার উপর কাগজটা ধরে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া তাড়িয়ে দাও। এখন 2 ফোঁটা বেন-জিডিন দ্রবণ যোগ করলে একটি নীল রঙের দাগ পাওয়া যাবে।

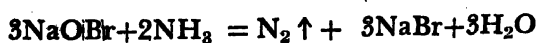
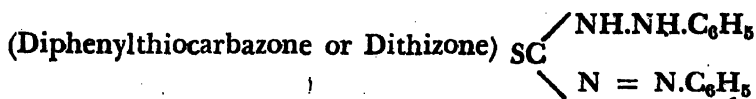
সুবেদিতা—1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 50,000

বিকারক দ্রবণ—10% অ্যাসিটিক অ্যাসিডে 0·05% বেনজিডিন।

মন্তব্যঃ PbO_2 জারক হিসাবে বেনজিডিনকে জারিত করে তথাকথিত বেনজিডিন নীল (benzidine blue) তৈরী করে। Bi, Ce, Mn, Co, Ni, Ag এবং Tl আয়নগুলির সাথে একই ধরনের বিক্রিয়া ঘটে, তবে ক্ষারকীয় নির্যাস (extract) নিয়ে পরীক্ষা করলে (প্লামবাইট দ্রবণ, $Na_2[PbO_2]$) কেবল মাত্র Tl বিঘ্ন ঘটায়। Pb^{2+} আয়ন সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট, NaOBr দ্বারা জারিত হয়, অতিরিক্ত NaOBr অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বিনষ্ট করা হয়।

$$3NaOBr+2NH_3 = N_2\uparrow+3NaBr+3H_2O$$

4. ডাইফিনাইলথায়োকার্বাজোন অথবা ডিথিজোন

(Diphenylthiocarbazone or Dithizone) $SC\begin{cases} NH.NH.C_6H_5 \\ N = N.C_6H_5 \end{cases}$

ছোট পরীক্ষানলে 1 মি.লি. প্রশম অথবা লঘু ক্ষারকীয় দ্রবণ নাও, কয়েক দানা KCN মেশাও, এবং তারপর 2 ফোঁটা বিকারক যোগ কর। 30 সেকেন্ড ঝাঁকালে সবুজ বিকারক লাল হয়ে যায়।

সুবেদিতা—0·1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 1,250,000

বিকারক দ্রবণঃ 100 মি.লি. CCl_4 অথবা $CHCl_3$ দ্রাবকে 2—5 মি.গ্রা. ডিথিজোন। দ্রবণ অবস্থায় রাখা যায় না।

মন্তব্যঃ প্রশম অথবা ক্ষারকীয় দ্রবণে ইটের মত লাল জটিল লবণ তৈরী হয়। ভারী ধাতু (Ag, Cu, Hg, Cd, Sb, Ni, Zn ইত্যাদি) বিঘ্ন ঘটায় কিন্তু সায়ানাইড আয়নের উপস্থিতিতে বিঘ্ন ঘটায় না। Zn-র জন্য অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ প্রয়োজন।

8, 15. সারণী (ঊন-পরিমান): ১ম-ভারশ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

4 মি.লি. সেন্ট্রিফিউজ নলে 1 মি.লি. পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও এবং 3—4 ফোঁটা* লঘু HCl যোগ করে মেশাও। অপকেন্দ্রণ কর। ড্রপার পিপেট দ্বারা উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ অন্য একটি পরীক্ষানলে সরিয়ে নাও এবং এক ফোঁটা লঘু HCl মিশিয়ে দেখ আর অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। যদি অধঃক্ষেপণ না হয়, দ্রবণটিকে আলাদাভাবে রাখ। সেন্ট্রিফিউজ নলে অধঃক্ষেপকে 5 ফোঁটা লঘু HCl দ্বারা ধুয়ে নাও এবং অপকেন্দ্রণ কর। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ সরিয়ে ফেলে দাও। অধঃক্ষেপের (1) মধ্যে থাকতে পারে $PbCl_2$, Hg_2Cl_2 এবং AgCl। 2 মি.লি. গরম জল যোগ কর এবং অধঃক্ষেপসহ নলটিকে ফুটন্ত জলগাহের মধ্যে 3—4 মিনিট রাখ এবং নাড়তে থাক। তাড়াতাড়ি অপকেন্দ্রণ কর। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ কৈশিক ড্রপারের সাহায্যে অধঃক্ষেপ হতে পৃথক করে অন্য একটি সেন্ট্রিফিউজ নলে নাও।

* এই বইয়ের মধ্যে সমতা রাখবার জন্য সব সময়ই এক ফোঁটা = 0·05 মি.লি. ধরা হবে।

অধঃক্ষেপঃ Hg_2Cl_2 ও AgCl থাকতে পারে। কিছু অদ্রবীভূত অবস্থায় $PbCl_2$ থাকতে পারে। $PbCl_2$ পৃথক করার জন্য 1 মি.লি. গরম জল মেশাও, এবং অধঃক্ষেপ সহ নলটি ফুটন্ত জলগাহের মধ্যে 2 মিনিট রাখ, তারপর অপকেন্দ্রন করে উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ ফেলে দাও। অধঃক্ষেপের মধ্যে 1 মি.লি. গরম লঘু NH_4OH মেশাও, নাড়, অপকেন্দ্রণ কর।

অধঃক্ষেপ (4): কাল $(Hg + NH_2HgCl)$ **মারকারী আছে।**

স্বচ্ছ দ্রবণ (3): লঘু HNO_3 যোগ করে দ্রবণটি অ্যাসিডীয় কর (*)। সাদা AgCl অধঃক্ষেপ। **সিলভার আছে।**

স্বচ্ছ দ্রবণঃ $PbCl_2$ (2) থাকতে পারে। 2 ফোঁটা CH_3COONH_4 দ্রবণ এবং 1 ফোঁটা K_2CrO_4 দ্রবণ যোগ কর। হলুদবর্ণের $PbCrO_4$ অধঃক্ষেপ, লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। **লেড আছে।**

মন্তব্যঃ (1), (2), (3) এবং (4) 189 পৃষ্ঠায় মন্তব্য দেখ।

8, 43. কপার এবং আর্সেনিক শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

0·3N-HCl দ্রবণ হতে H_2S বিক্রিয়ার ফলে এই দুই শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলি সালফাইড অধঃক্ষেপ দেয় (দ্রাব্যতা গুণফল দেখ)। আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও টিন সালফাইডগুলি অ্যামোনিয়াম সালফাইড ও পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড উভয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে যায়, কিন্তু বাকী ধাতব সালফাইডগুলি কার্যতঃ দ্রবীভূত হয় না। এই দ্রবণীয়তার উপর ভিত্তি করে II গ্রুপের ধাতব আয়নগুলিকে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়েছে। কপার শ্রেণীতে (IIA গ্রুপ) আছে মারকারী (ইক), লেড, বিসমাথ, কপার এবং ক্যাডমিয়াম—এই পাঁচটি ধাতব আয়ন এবং আর্সেনিক শ্রেণীতে (IIB গ্রুপ) আছে আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও টিন—এই তিনটি ধাতব আয়ন।

* অ্যাসিডীয় অথবা ক্ষারকীয় দ্রবণ সর্বদাই লিটমাস কাগজ অথবা অন্য কোন সূচক দ্বারা দেখা উচিত।

8, 16. সারণী: কপার শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

একটি ছুঁচালো কাচদণ্ডের সাহায্যে ছাঁকন কাগজ ছিদ্র করে সালফাইড অধঃক্ষেপ (1) অল্পমাত্রায় পাতিত জল দ্বারা ধুয়ে নীচে রাখা ছোট বীকারে নাও, 5 মি.লি. হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইড দ্রবণ (2) যোগ কর, 50—60° সে. তাপমাত্রায় 2—3 মিনিট গরম কর এবং ছাঁক। লঘু (1 : 100) $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণ দিয়ে অধঃক্ষেপ একবার ধুয়ে নাও।

অধঃক্ষেপ: HgS, PbS, Bi_2S_3, CuS এবং CdS থাকতে পারে। অধঃক্ষেপ একটি বীকারে নাও, তারপর 5 মি.লি. মত লঘু (1 : 3) HNO_3 (3) মেশাও, কয়েক মিনিট গরম করে ফোটাও, ছাঁক, এবং একটু জল দিয়ে ধুয়ে নাও।

পরিস্রুত: IIB গ্রুপ ধাতব আয়ন থাকতে পারে। 8,18 সারণী দেখ।

অধঃক্ষেপ: কালো (HgS)। গাঢ় HCl এবং Br_2 দ্রবণ (জলীয়) ফোঁটা ফোঁটা মিশিয়ে দ্রবীভূত কর। গরম করে অতিরিক্ত Br_2 তাড়িয়ে দাও। জল মিশিয়ে আয়তন দ্বিগুণ কর তারপর $SnCl_2$ দ্রবণ যোগ কর। সাদা অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত বিকারকে কালচে হয়ে যায়।
মারকারী আছে।

পরিস্রুত: $Pb(NO_3)_2$, $Bi(NO_3)_3$, $Cu(NO_3)_2$ এবং $Cd(NO_3)_2$ থাকতে পারে। সামান্য পরিমাণ পরিস্রুত নিয়ে লঘু H_2SO_4 + C_2H_5OH মিশিয়ে দেখ সাদা $PbSO_4$ অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। যদি অধঃক্ষেপণ হয় তাহলে বুঝতে হবে লেড আছে। তখন সমগ্র পরিস্রুতের মধ্যে লঘু H_2SO_4 (4) মিশিয়ে ধূম-প্রকোষ্ঠে (fume chamber) গাঢ় কর যতক্ষণ পর্যন্ত না প্রগাঢ় সাদা ধূম নির্গত হয়। ঠাণ্ডা কর, জল মিশিয়ে লঘু কর এবং ছাঁক। একটু জল দিয়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও।

অধঃক্ষেপ: সাদা ($PbSO_4$)। CH_3COONH_4 দ্রবণে দ্রবীভূত কর, কয়েক ফোঁটা লঘু CH_3COOH মেশাও তারপর K_2CrO_4 দ্রবণ যোগ কর। হলুদবর্ণের $PbCrO_4$ অধঃক্ষেপ।
লেড আছে।

পরিস্রুত: Bi^{3+}, Cu^{2+} এবং Cd^{2+} আয়ন থাকতে পারে। অতিরিক্ত পরিমাণে NH_4OH (5) মেশাও এবং ছাঁক।

অধঃক্ষেপ: সাদা $\{Bi(OH)_3\}$ জল দিয়ে ধুয়ে নাও, তারপর সোডিয়াম ষ্ট্যানাইট দ্রবণ অধঃক্ষেপের উপর ঢাল। অধঃক্ষেপ কাল হয়ে যায়।
বিসমাথ আছে।

পরিস্রুত: Cu^{2+} এবং Cd^{2+} আয়ন থাকতে পারে। যদি বর্ণহীন হয়, তাহলে Cu^{2+} থাকবে না। তখন Cd^{2+}-র জন্য সরাসরি H_2S দ্বারা পরীক্ষা কর।

যদি পরিস্রুত নীল বর্ণের হয়, তাহলে পরিস্রুতকে দু ভাগে ভাগ কর:

(i) এক ভাগে লঘু CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর, তারপর $K_4Fe(CN)_6$ দ্রবণ মেশাও (6)। লালাভ বাদামী $Cu_2Fe(CN)_6$ অধঃক্ষেপ।
কপার আছে।

(ii) অপর ভাগের নীল রঙ অদৃশ্য না হওয়া পর্যন্ত ফোঁটা ফোঁটা লঘু KCN দ্রবণ মেশাও। এখন H_2S চালিত কর। হলুদ CdS অধঃক্ষেপ (7)।
ক্যাডমিয়াম আছে।

মন্তব্য: (1) HgS, PbS, Bi_2S_3, CuS এবং CdS লঘু HCl দ্রবণে অদ্রবণীয়।

(2) $HgE+PbS+Bi_2S_3+CuS+CdS \xrightarrow{(NH_4)_2S_x}$ বিক্রিয়া হয় না।

(3) $HgS+HNO_3\,(1:3) \rightarrow$ বিক্রিয়া হয় না।

$PbS+Bi_2S_3+CuS+CdS \xrightarrow{HNO_3\,(1:3)}$ নাইট্রেট দ্রবণ

(4) $Pb^{2+}+SO_4^{2-}=PbSO_4\downarrow$

$Bi(NO_3)_3+Cu(NO_3)_2+Cd(NO_3)_2 \xrightarrow{H_2SO_4}$ সালফেট দ্রবণ

(5) $Bi^{3+}+3OH^- = Bi(OH)_3\downarrow$

$$Cu^{2+}+Cd^{2+} \xrightarrow{NH_4OH} [Cu(NH_3)_4]^{2+} + [Cd(NH_3)_4]^{2+}$$

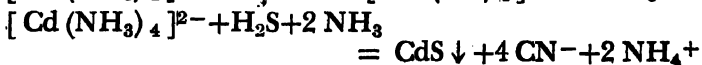
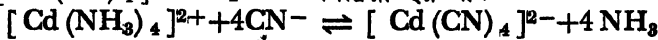
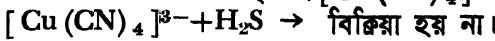
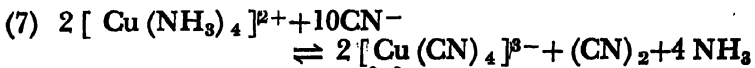
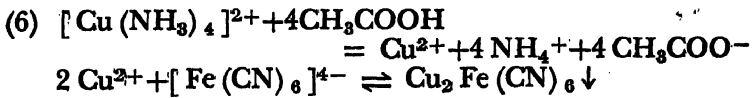
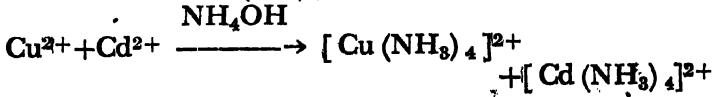
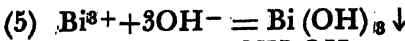
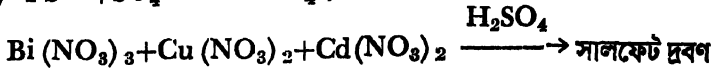
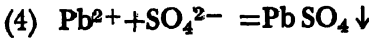
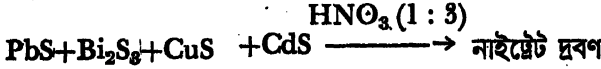
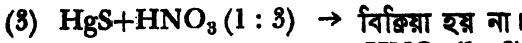
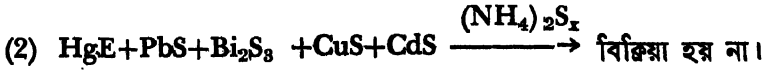
(6) $[Cu(NH_3)_4]^{2+}+4CH_3COOH = Cu^{2+}+4NH_4^++4CH_3COO^-$

$$2Cu^{2+}+[Fe(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Cu_2Fe(CN)_6\downarrow$$

(7) $2[Cu(NH_3)_4]^{2+}+10CN^- \rightleftharpoons 2[Cu(CN)_4]^{3-}+(CN)_2+4NH_3$

$[Cu(CN)_4]^{3-}+H_2S \rightarrow$ বিক্রিয়া হয় না।

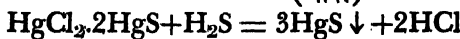
$$[Cd(NH_3)_4]^{2+}+4CN^- \rightleftharpoons [Cd(CN)_4]^{2-}+4NH_3$$

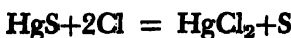
$$[Cd(NH_3)_4]^{2-}+H_2S+2NH_3 = CdS\downarrow+4CN^-+2NH_4^+$$

8, 44. Hg^{2+}, মারকারী (ইক) আয়নের বিক্রিয়া

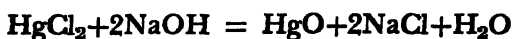
$HgCl_2$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

1. H_2S: প্রথমে সাদা, তারপর যথাক্রমে হলুদ, বাদামী এবং সর্বশেষে কাল HgS অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় [মারকারী (আস) হতে পার্থক্য]।

$$3HgCl_2+2H_2S = \underset{\text{(সাদা)}}{\underline{HgCl_2.2HgS}}\downarrow+4HCl$$

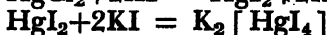
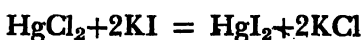
$$HgCl_2.2HgS+H_2S = \underset{\text{(কাল)}}{3HgS}\downarrow+2HCl$$

লঘু HNO_3, ক্ষারকীয় হাইড্রোক্সাইড এবং $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে HgS অদ্রবণীয়, কিন্তু অম্লরাজে HgS দ্রবণীয়।

$$HgS+\underset{\text{জায়মান}}{2Cl} = HgCl_2+S$$

2. NaOH দ্রবণ: প্রথমে লালাভ-বাদামী, অতিরিক্ত বিকারকে হল্‌দে HgO অধঃক্ষেপ।

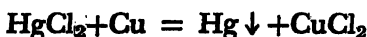
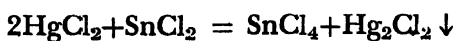
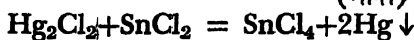
$$HgCl_2+2NaOH = HgO+2NaCl+H_2O$$

3. NH_4OH: সাদা NH_2HgCl অধঃক্ষেপ [মারকারী (আস্) হতে পার্থক্য]। $Hg(NH_2)Cl$-কে "অগলনীয় শ্বেত অধঃক্ষেপ" বলে।

$$HgCl_2+2NH_3 = Hg(NH_2)Cl+NH_4Cl$$

4. KI দ্রবণ: হল্‌দে থেকে লাল HgI_2 অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়।

$$HgCl_2+2KI = HgI_2+2KCl$$
$$HgI_2+2KI = K_2[HgI_4]$$

ঐ জটিল দ্রবণ KOH মাধ্যমে Nessler's বিকারক হিসাবে খ্যাত এবং দ্রবণে অ্যামোনিয়ার উপস্থিতি নির্ধারণ করে।

5. কপার (তামা): ঝকঝকে তামার পাত $HgCl_2$ দ্রবণে কিছুক্ষণ রাখলে ছাই রঙের পাতলা মারকারীর আবরণ পড়ে, ঘষলে সাদা রুপোর (Silver) মত চক্‌চক্ করে।

$$HgCl_2+Cu = Hg\downarrow+CuCl_2$$

6. $SnCl_2$ দ্রবণ: প্রথমে সাদা Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে কাল্‌চে হয়ে যায়।

$$2HgCl_2+SnCl_2 = SnCl_4+Hg_2Cl_2\downarrow$$
(সাদা)
$$Hg_2Cl_2+SnCl_2 = SnCl_4+2Hg\downarrow$$
(কাল)

রঙীনদাগ পরীক্ষা: বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, এক ফোঁটা অ্যানিলিন ($C_6H_5NH_2$) ও এক ফোঁটা $SnCl_2$ দ্রবণ মেশাও। মারকারীর কাল দাগ পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 50,000

বিকারক দ্রবণ: গাঢ় HCl-এ *5%* $SnCl_2$

মন্তব্য: বেশী পরিমাণ Ag থাকলে বিঘ্ন ঘটায়। অ্যানিলিন pH ঠিক রাখে।

7. কোবাল্ট অ্যাসিটেট—অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট: মারকারী (II) লবণের দ্রবণে গাঢ় কোবাল্ট অ্যাসিটেট ও কিছু কঠিন NH_4CNS মেশালে গাঢ় নীল বর্ণের $Co[Hg(CNS)_4]$ কেলাস পাওয়া যায়।

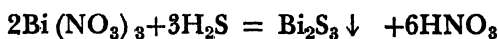
সূক্ষ্ম পরীক্ষা: স্পট প্লেটে (Spot plate) এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, যথাক্রমে কয়েকটি NH_4CNS কেলাস ও কিছু কঠিন কোবাল্ট অ্যাসিটেট মেশাও। নীল রঙ পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—0·5 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 100,000

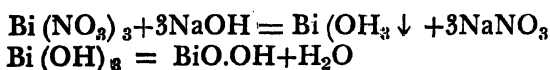
8, 45. Bi^{3+}, বিসমাথ আয়নের বিক্রিয়া.

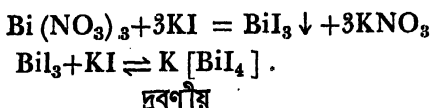
$Bi(NO_3)_3.5H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর। ঘোলাটে হলে কিছু HNO_3 মিশিয়ে নাও:

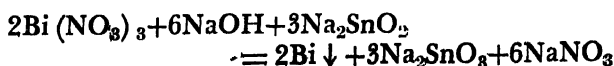
1. H_2S: গাঢ় বাদামী Bi_2S_3 অধঃক্ষেপ, ঠাণ্ডা লঘু অ্যাসিড ও $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে অদ্রবণীয়, উত্তপ্ত লঘু HNO_3 ও উত্তপ্ত গাঢ় HCl-এ দ্রবণীয়।

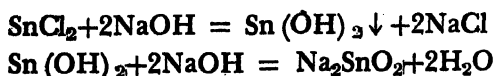
$$2Bi(NO_3)_3+3H_2S = Bi_2S_3\downarrow +6HNO_3$$

2. NH_4OH: সাদা ক্ষারকীয় লবণের অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়।

3. NaOH দ্রবণ: ঠাণ্ডা অবস্থায় সাদা $Bi(OH)_3$ অধঃক্ষেপ, ফোটালে হলুদ হয়ে যায়।

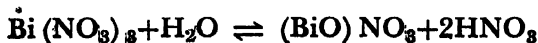
$$Bi(NO_3)_3+3NaOH = Bi(OH)_3\downarrow +3NaNO_3$$
$$Bi(OH)_3 = BiO.OH+H_2O$$

4. KI দ্রবণ: গাঢ় বাদামী BiI_3 অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়।

$$Bi(NO_3)_3+3KI = BiI_3\downarrow +3KNO_3$$
$$BiI_3+KI \rightleftharpoons \underset{\text{দ্রবণীয়}}{K[BiI_4]}$$

5. সোডিয়াম স্ট্যানাইট দ্রবণ: ঠাণ্ডা অবস্থায় সূক্ষ্ম কাল Bi কণিকার অধঃক্ষেপ।

$$2Bi(NO_3)_3+6NaOH+3Na_2SnO_2 = 2Bi\downarrow +3Na_2SnO_3+6NaNO_3$$

বিকারক দ্রবণ: $SnCl_2$ দ্রবণে NaOH দ্রবণ মেশালে প্রথমে সাদা অধঃক্ষেপণ হয়, অতিরিক্ত NaOH মেশালে অধঃক্ষেপ যখন সবেমাত্র দ্রবীভূত হয়, তখন ঐ দ্রবণকে বিকারক দ্রবণ হিসাবে কাজে লাগানো হয়।

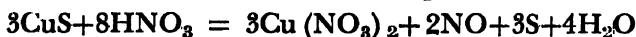
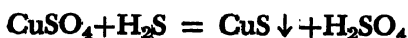
$$SnCl_2+2NaOH = Sn(OH)_2\downarrow +2NaCl$$
$$Sn(OH)_2+2NaOH = Na_2SnO_2+2H_2O$$

মন্তব্য: Ag, Cu এবং Hg বিঘ্ন ঘটায়।

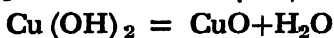
6. **জল:** যখন এক অথবা দুই ফোঁটা বিসমাথ লবণের দ্রবণ এক বীকার জলে ফেলা হয় তখন অনুরূপ ক্ষারকীয় লবণের সাদা অধঃক্ষেপ (দুগ্ধবৎ শুভ্র জ্যোতি) পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ টারটারিক অ্যাসিড (Sb^{3+} হতে পার্থক্য) ও ক্ষারকীয় হাইড্রোক্সাইডে (Sn^{2+} হতে পার্থক্য) অদ্রবণীয়, কিন্তু খনিজ লঘু অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

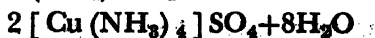
$$Bi(NO_3)_3+H_2O \rightleftharpoons (BiO)NO_3+2HNO_3$$

7. **থায়োইউরিয়া** ($NH_2 \cdot CS \cdot NH_2$)**:** লঘু HNO_3-র উপস্থিতিতে গাঢ় হলুদ রঙ। স্পট প্লেটে অথবা বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে এই পরীক্ষা করা যায়।
সুবেদিতা—6 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 30,000
বিকারক দ্রবণ: 10% জলীয় দ্রবণ।
মন্তব্য: Hg(I), Ag, Sb, Fe(III) এবং Cr(VI) বিঘ্ন ঘটায়।

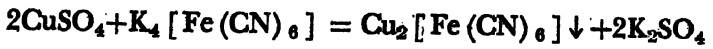
8, 46. Cu^{2+}, কিউপ্রিক আয়নের বিক্রিয়া

$CuSO_4$, $5H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:
1. **H_2S:** কাল CuS অধঃক্ষেপ, KOH, $(NH_4)_2Sn$ ও উষ্ণ লঘু H_2SO_4-এ অদ্রবণীয়, উষ্ণ লঘু HNO_3 ও KCN দ্রবণে দ্রবণীয়।

$$CuSO_4+H_2S = CuS\downarrow+H_2SO_4$$
$$3CuS+8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2+2NO+3S+4H_2O$$
$$2CuS+9KCN = 2K_3[Cu(CN)_4]+K_2S+KCNS$$

2. **NaOH দ্রবণ:** হালকা নীল $Cu(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়, কিন্তু টারটারিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়। অধঃক্ষেপ উত্তপ্ত করলে কাল হয়ে যায়।

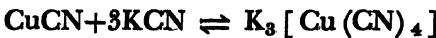
$$CuSO_4+2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow+Na_2SO_4$$
$$Cu(OH)_2 = \underset{\text{কাল}}{CuO}+H_2O$$

3. **NH_4OH:** ক্ষারকীয় লবণের ফিকে নীল অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে গাঢ় নীল টেট্রাঅ্যামিনকিউপ্রিক সালফেট দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$2CuSO_4+2NH_4OH = CuSO_4.Cu(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$$
$$CuSO_4.Cu(OH)_2+6NH_4OH+(NH_4)_2SO_4 = 2[Cu(NH_3)_4]SO_4+8H_2O$$

4. $K_4[Fe(CN)_6]$ **দ্রবণঃ** বাদামী কিউপ্রিক ফেরোসায়ানাইডের অধঃক্ষেপ, লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

$$2CuSO_4+K_4[Fe(CN)_6] = Cu_2[Fe(CN)_6]\downarrow+2K_2SO_4$$

5. KI **দ্রবণঃ** মুক্ত I_2 সহ সাদা Cu_2I_2 অধঃক্ষেপ। মুক্ত I_2 অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হয়ে বাদামী দ্রবণ তৈরী করে।

$$2CuSO_4+2KI = Cu_2I_2\downarrow+I_2+K_2SO_4$$

6. KCN **দ্রবণঃ** পীতাভ-সবুজ $Cu(CN)_2$ অধঃক্ষেপ, দ্রুত বিযোজিত হয়ে CuCN ও $(CN)_2$ গ্যাস তৈরী করে। অতিরিক্ত বিকারকে CuCN দ্রবীভূত হয়ে জটিল পটাসিয়াম কিউপ্রো-সায়ানাইড তৈরী করে। এই পরীক্ষাটি NH_4OH-এর উপস্থিতিতে করা উচিত, নতুবা অতিবিষাক্ত C_2N_2 গ্যাস বের হবে।

$$2CuSO_4+4KCN = 2Cu(CN)_2\downarrow+2K_2SO_4$$
$$Cu(CN)_2 = CuCN+\tfrac{1}{2}(CN)_2$$
$$CuCN+3KCN \rightleftharpoons K_3[Cu(CN)_4]$$
$$C_2N_2+2NH_4OH = NH_4CN+NH_4CNO+H_2O.$$

7. **α-বেনজোয়িন অক্সাইন** অথবা **কুপ্রোন**।

$\{C_6H_5.CHOH.C(=NOH).C_6H_5\}$ **ঃ** ক্ষীণ অ্যাসিডীয় কপার দ্রবণ এক ফোঁটা বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে নাও, এক ফোঁটা 10% সোডিয়াম পটাসিয়াম টারট্রেট (Rochelle salt) দ্রবণ মেশাও, তারপর এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ কর এবং NH_3 গ্যাসের উপর কাগজটিকে ধর। সবুজ রঙের দাগ পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—0·1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 500,000

বিকারক দ্রবণঃ 5 গ্রাম α-বেনজোয়িন অক্সাইম 100 মি.লি. 95% অ্যালকোহলে দ্রবীভূত কর।

মন্তব্যঃ কপার বেনজোয়িন অক্সাইমের সবুজ অধঃক্ষেপ, অ্যামোনিয়া-টারট্রেট দ্রবণে দ্রবণীয়। অ্যামোনিয়া-টারট্রেট মাধ্যম কপারের জন্য বিশেষ বিকারক হিসাবে নির্দিষ্ট।

8. **অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেট,** $\{(NH_4)_2[Hg(CNS)_4]\}$ **ঃ** একটি স্পট প্লেটে এক ফোঁটা অ্যাসিডীয় কপার দ্রবণ নাও, এক ফোঁটা 1%

জিংক অ্যাসিটেট দ্রবণ ও এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। জটিল কপার লবণের সহ অধঃক্ষেপণের জন্য অধঃক্ষিপ্ত জিংক মারকিউরী-থায়োসায়ানেট বেগুনী রঙের দেখায় { সহ-অধঃক্ষেপণ $Zn[Hg(CNS)_4] + Cu[Hg(CNS)_4]$}।

সুবেদিতা—0·1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 500,000

বিকারক দ্রবণ: 9 গ্রাম NH_4CNS এবং 8 গ্রাম $HgCl_2$ 100 মি.লি. জলে দ্রবীভূত কর।

মন্তব্য: Zn^{2+} অথবা Cd^{2+} আয়নের উপস্থিতিতে গাঢ় বেগুনী রঙের কেলাস তৈরী হয়। Co^{2+}, Ni^{2+} এবং Fe^{3+} আয়ন বিঘ্ন ঘটায়, তবে NH_4F মেশালে Fe^{3+} আয়নের বাধা অপসারিত হয়।

9. রুবিয়ানিক অ্যাসিড (অথবা ডাইথায়ো অক্সামাইড), $(H_2N\text{-}\underset{\underset{S}{\|}}{C}\text{-}\underset{\underset{S}{\|}}{C}\text{-}NH_2)$:

প্রথম পরীক্ষণীয় দ্রবণ এক ফোঁটা বিন্দুবিক্রিয়া কাগজে নাও, NH_3 গ্যাসের উপর কাগজটি ধর, তারপর এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। একটি সবুজ-কাল দাগ পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—0·01 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 2,500,000

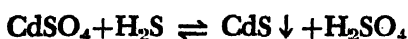
বিকারক দ্রবণ: 95% C_2H_5OH দ্রাবকে 0·5% রুবিয়ানিক অ্যাসিড মেশাও। প্রতিদিন টাটকা তৈরী করে নিতে হয়।

মন্তব্য: অ্যামোনীয় মাধ্যমে সবুজ-কাল কপার রুবিয়ানেট, $Cu\{C(=NH)S\}_2$ অধঃক্ষেপ, সোডিয়াম টারট্রেট দ্রবণে অদ্রবণীয়, কিন্তু KCN দ্রবণে দ্রবণীয়। Hg^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} বিঘ্ন ঘটায়।

8, 47. Cd^{2+}, ক্যাডমিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

$3CdSO_4, 8H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর,

1. H_2S: নিম্ন গাঢ়ত্ব মাত্রার HCl দ্রবণে (0·25N) হলুদ CdS অধঃক্ষেপ, উচ্চ গাঢ়ত্ব মাত্রার HCl দ্রবণে দ্রবণীয় (বিপরীত বিক্রিয়া), কিন্তু KCN দ্রবণে অদ্রবণীয় (কপার হতে পার্থক্য)।

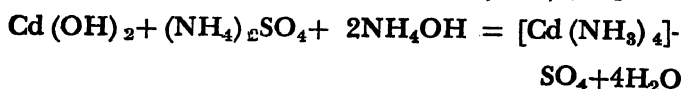
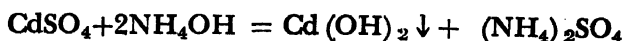
$$CdSO_4 + H_2S \rightleftharpoons CdS\downarrow + H_2SO_4$$

(বিশদ আলোচনার জন্য দ্বিতীয় অধ্যায়, দ্রাব্যতা গুণফল দেখ।)

2. NaOH দ্রবণঃ সাদা $Cd(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়।

$$CdSO_4+2NaOH = Cd(OH)_2\downarrow+Na_2SO_4$$

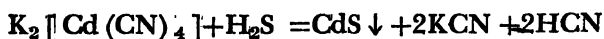
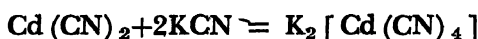
3. NH_4OHঃ সাদা $Cd(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয় (Pb^{2+} এবং Bi^{3+} হতে পার্থক্য)। দ্রবণীয় জটিল লবণ টেট্রা অ্যামিন ক্যাডমিয়াম সালফেট তৈরী হয়।

$$CdSO_4+2NH_4OH = Cd(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$$

$$Cd(OH)_2+(NH_4)_2SO_4+2NH_4OH = [Cd(NH_3)_4]SO_4+4H_2O$$

4. KCN দ্রবণঃ সাদা $Cd(CN)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হয়ে জটিল লবণ পটাসিয়াম ক্যাডমি-সায়ানাইড তৈরী করে। এখন ঐ দ্রবণে H_2S চালিত করলে জটিল লবণ বিয়োজিত হয়ে হলুদ CdS অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$CdSO_4+2KCN = Cd(CN)_2\downarrow+K_2CO_4$$

$$Cd(CN)_2+2KCN = K_2[Cd(CN)_4]$$

$$K_2[Cd(CN)_4]+H_2S = CdS\downarrow+2KCN+2HCN$$

(তৃতীয় অধ্যায় 3,1 পরিচ্ছেদ দেখ)

5. ডাইনাইট্রো-p-ডাইফিনাইল কার্বাজাইড $\left(CO\left<\begin{matrix}NH.NH.C_6H_4.NO_2\,(4)\\NH.NH.C_6H_4.NO_2\,(4)\end{matrix}\right.\right)$

স্পটপ্লেটে এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, এক ফোঁটা 10% NaOH দ্রবণ ও এক ফোঁটা 10% KCN দ্রবণ মেশাও, তারপর এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ ও দু-ফোঁটা 40% HCHO দ্রবণ যোগ কর। বাদামী অধঃক্ষেপ, শীঘ্র সবুজ-নীল হয়ে যায়। পাশাপাশি শূন্য (Blank) পরীক্ষা করা প্রয়োজন।

সুবেদিতা—0·8 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 60,000

বিকারক দ্রবণঃ C_2H_5OH দ্রাবকে 0·1% বিকারক মেশাও।

মন্তব্যঃ Cu^{2+} আয়ন বেশী থাকলে KCN ও HCHO উভয়ের পরিমাণ বৃদ্ধি করতে হবে।

৪, 17. সারণী (উন-পরিমাণ): কপার শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

২—3 মি.লি. ২N—KOH দ্রবণ (*) সালফাইড অধঃক্ষেপে (1) নাও এবং মাঝে মাঝে নাড়তে নাড়তে ফুটন্ত জলগাহে 3 মিনিট গরম কর (†)। 5 ফোঁটা সম্পৃক্ত H_2S জল (টাট্‌কা তৈরী) মেশাও এবং অপকেন্দ্রণ কর।

অধঃক্ষেপ (২): HgS, PbS, Bi_2S_3, CuS এবং CdS থাকতে পারে। ২ মি.লি. লঘু (1 : 3) HNO_3 (3) মেশাও, জলগাহে গরম কর ২—3 মিনিট, অপকেন্দ্রণ কর।

- **অধঃক্ষেপ:** কাল (HgS)। ৪, 16 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।
- **স্বচ্ছ দ্রবণ:** Pb^{2+}, Bi^{3+}, Cu^{2+} ও Cd^{2+} থাকতে পারে। অতিরিক্ত পরিমাণ গাঢ় NH_4OH(4) মেশাও এবং অপকেন্দ্রণ কর।
  - **অধঃক্ষেপ:** Bi^{3+} এবং Pb^{2+} থাকতে পারে। ২ মি.লি. NaOH দ্রবণ (5) মিশিয়ে জলগাহে ২ মিনিট গরম কর এবং অপকেন্দ্রণ কর।
    - **অধঃক্ষেপ:** সাদা জল দিয়ে ধুয়ে নাও। ৪, {$Bi(OH)_3$}। এক মি.লি. জল দিয়ে ধুয়ে নাও। ৪, 16 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।
    - **স্বচ্ছ দ্রবণ:** Na_2PbO_2 থাকতে পারে। বেনজিডিন অথবা ডিথিজোন বিকারক দ্বারা লেডের উপস্থিতি প্রমাণ কর।
  - **স্বচ্ছ দ্রবণ:** Cu^{2+} এবং Cd^{2+} থাকতে পারে ৪, 16 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

স্বচ্ছ দ্রবণ: IIB গ্রুপ থাকতে পারে। ৪, ২0 সারণী (উন-পরিমাণ) দেখ।

* ষ্টানাস সালফাইড (SnS) ২N-KOH দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয় না। যদি Sn(II) অবস্থায় থাকে, তাহলে H_2O_2 দ্বারা প্রথমে জারিত করে নিতে হবে।

† **সাবধান!** KOH অথবা NaOH চোখে লাগলে চোখ নষ্ট হয়ে যায়। সাধারণতঃ অধঃক্ষেপ যখন KOH দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করা হয়, দ্রবণ ছিট্‌কে আসার সম্ভাবনা থাকে। সেজন্য মিশ্রণটি সর্বদাই নাড়তে নাড়তে ধূম প্রকোষ্ঠে উত্তপ্ত করা উচিত। উত্তপ্ত করার সময় বীকারের উপর চোখ নিয়ে যাওয়া উচিত নয়।

মন্তব্যঃ (1) এবং (3)-র জন্য 197 পৃষ্ঠায় মন্তব্য দেখ।

(2) $HgS+PbS+Bi_2S_3+CuS+CdS \xrightarrow{KOH}$ বিক্রিয়া হয় না।

(4) $Bi^{3+}+3OH^- \rightarrow Bi(OH)_3\downarrow$

$Pb^{2+}+2OH^- \rightarrow Pb(OH)_2\downarrow$

$Cu^{2+}+Cd^{2+} \xrightarrow{NH_4OH} [Cu(NH_3)_4]^{2+}+[Cd(NH_3)_4]^{2+}$

(5) $Pb(OH)_2+2NaOH \rightleftharpoons Na_2PbO_2+2H_2O$

$Bi(OH)_3+NaOH \rightarrow$ বিক্রিয়া হয় না।

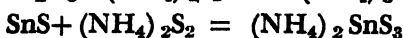
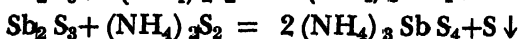
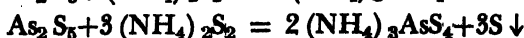
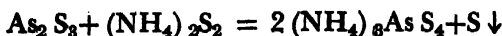
8, 18. সারণীঃ আর্সেনিক শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

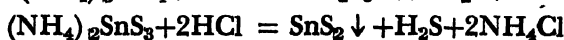
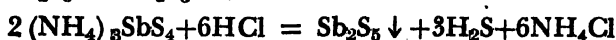
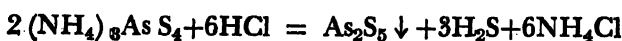
IIA গ্রুপের পরিস্রুতের মধ্যে থাকতে পারে $(NH_4)_3AsS_4$. $(NH_4)_3SbS_4$ এবং $(NH_4)_3SnS_3$ (1)। একটু জল মিশিয়ে লঘু কর, এবং সামান্য বেশী লঘু HCl যোগ কর (2), গরম কর, ছাঁক এবং H_2S-জল দিয়ে ধুয়ে নাও। পরিস্রুত ফেলে দাও। এখন অধঃক্ষেপের মধ্যে থাকতে পারে As_2S_5, As_2S_3, Sb_2S_5, Sb_2S_3, SnS_2 এবং S(*)। 5—10 মি.লি. গাঢ় HCl মিশিয়ে (3) অধঃক্ষেপ ফোটাও, জল মিশিয়ে লঘু কর এবং ছাঁক।

অধঃক্ষেপঃ As_2S_3 এবং /অথবা As_2S_5 থাকতে পারে।	**পরিস্রুতঃ** $[SbCl_4]^-$ এবং $[SnCl_6]^{2-}$ থাকতে পারে। দুই ভাগে ভাগ করঃ	
3—5 মি.লি. গরম ও লঘু NH_4OH মিশিয়ে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত কর, প্রয়োজন হলে ছেঁকে নাও, 5 মি. লি. 3% H_2O_2 মিশিয়ে গরম কর। আর্সেনাইট জারিত হয়ে আর্সেনেট হবে। কয়েক মি.লি. $Mg(NO_3)_2$ দ্রবণ যোগ কর, নাড় এবং অপেক্ষা কর। সাদা $Mg(NH_4)AsO_4\cdot 6H_2O$ কেলাসিত অধঃক্ষেপ। **আর্সেনিক আছে।** $AgNO_3$ দ্রবণ মিশিয়ে পুনরায় আর্সেনিকের উপস্থিতি প্রমাণ কর।	(*i*) এক অংশে লঘু NH_4OH মিশিয়ে সবেমাত্র ক্ষারকীয় কর, 3-4 গ্রাম কঠিন অক্সালিক অ্যাসিড (4) মেশাও, গরম কর এবং H_2S চালিত কর। কমলা রঙের Sb_2S_3 অধঃক্ষেপ। **অ্যান্টিমনি আছে।**	(*ii*) অপরাংশ আংশিক প্রশমিত করে এবং তাতে কিছু বিশুদ্ধ লোহার কুচি (5) মিশিয়ে 5 মিনিট গরম কর—$SnCl_4$ বিজারিত হয়ে $SnCl_2$ হবে, ছাঁক এবং $HgCl_2$ দ্রবণ যোগ কর। সাদা Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপ। **টিন আছে।**

* যদি IIA গ্রুপ অনুপস্থিত থাকে, এখান থেকে কাজ আরম্ভ কর।

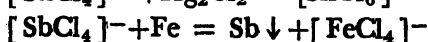
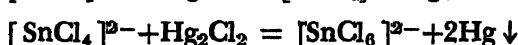
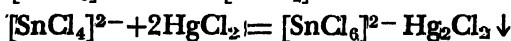
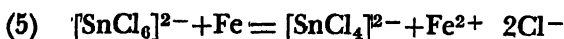
মন্তব্যঃ (1) আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও টিনের সালফাইড লবণগুলি লঘু HCl দ্রবণে অদ্রবণীয় কিন্তু গরম অবস্থায় $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে জটিল থায়োলবণ তৈরী করে।

$$As_2S_3 + (NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3AsS_4 + S\downarrow$$
$$As_2S_5 + 3(NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3AsS_4 + 3S\downarrow$$
$$Sb_2S_3 + (NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3SbS_4 + S\downarrow$$
$$SnS + (NH_4)_2S_2 = (NH_4)_2SnS_3$$

(2) এই থায়োলবণগুলি HCl-র উপস্থিতিতে বিয়োজিত হয়ঃ

$$2(NH_4)_3AsS_4 + 6HCl = As_2S_5\downarrow + 3H_2S + 6NH_4Cl$$
$$As_2S_5 = As_2S_3\downarrow + 2S\downarrow$$
$$2(NH_4)_3SbS_4 + 6HCl = Sb_2S_5\downarrow + 3H_2S + 6NH_4Cl$$
$$(NH_4)_2SnS_3 + 2HCl = SnS_2\downarrow + H_2S + 2NH_4Cl$$

(3) As_2S_5 + গাঢ় HCl → বিক্রিয়া হয় না

SnS_2 + Sb_2S_5 + গাঢ় HCl → জটিল ক্লোরোযৌগের দ্রবণ

(4) প্রশম অথবা সবেমাত্র ক্ষারকীয় টিন দ্রবণ অক্সালিক অ্যাসিডের সাথে স্থায়ী জটিল লবণ তৈরী করে এবং H_2S-র সাথে তখন বিক্রিয়া হয় না। অন্যদিকে অ্যান্টিমনি অস্থায়ী জটিল লবণ তৈরী করে এবং H_2S-র সংস্পর্শে বিয়োজিত হয়ে কমলা রঙের অধঃক্ষেপ দেয়।

(5) $$[SnCl_6]^{2-} + Fe = [SnCl_4]^{2-} + Fe^{2+} \;\; 2Cl^-$$
$$[SnCl_4]^{2-} + 2HgCl_2 = [SnCl_6]^{2-}\; Hg_2Cl_2\downarrow$$
$$[SnCl_4]^{2-} + Hg_2Cl_2 = [SnCl_6]^{2-} + 2Hg\downarrow$$
$$[SbCl_4]^- + Fe = Sb\downarrow + [FeCl_4]^-$$

8, 19. সারণীঃ আর্সেনিক শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

যদি KOH দ্রবণ মিশিয়ে IIA এবং IIB গ্রুপ পৃথক করা হয়, তাহলে IIA গ্রুপের পরিস্রুতের (1) মধ্যে $KAsO_2$, $KAsS_2$, $KSbO_2$, $KSbS_2$, K_2SnO_3, K_2SnS_3 এবং কিছু $KHgS_2$ থাকতে পারে। সাবধানে গাঢ় HCl ফোঁটা ফোঁটা মেশাও যতক্ষণ না দ্রবণটি অ্যাসিডীয় হচ্ছে। H_2S চালিত করে সালফাইড অধঃক্ষেপণ (2) সম্পূর্ণ কর। অধঃক্ষেপণ হলে বুঝতে হবে HgS, As_2S_3, Sb_2S_3 এবং SnS_2 থাকতে পারে। ছাঁক, একটু জল দিয়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও। পরিস্রুত এবং ধোয়া জল ফেলে দাও।*

* যদি IIA গ্রুপ অনুপস্থিত থাকে, এখান থেকে কাজ আরম্ভ কর।

অধঃক্ষেপ ছোট শংকু কুপীতে নাও, 5—10 মি.লি. গাঢ় HCl মেশাও (3), উত্তপ্ত করে 5 মিনিট ফোটাও। জল মিশিয়ে লঘু কর এবং ছাঁক।

<table>
<tr>
<td colspan="2">অধঃক্ষেপ ঃ HgS এবং AS_2S_3 থাকতে পারে। যদি হলুদ হয় তাহলে কেবলমাত্র AS_2S_3 আছে। জল দিয়ে ধুয়ে নাও। ছাঁকন কাগজের উপরেই 5 মি.লি. লঘু NH_4OH ঢাল এবং ছাঁক।</td>
<td rowspan="2">পরিস্রুত্ ঃ $[SbCl_4]^-$ এ বং $[SnCl_6]^{2-}$ থাকতে পারে। 8,18 সারণী অনুসারে পরীক্ষা কর।</td>
</tr>
<tr>
<td>অধঃক্ষেপ ঃ যদি কাল রঙের হয়,
মারকারী আছে।</td>
<td>পরিস্রুত্ ঃ দ্রবণটি অ্যাসিডীয় না হওয়া পর্যন্ত লঘু HNO_3 মেশাও। হলুদ AS_2S_3 অধঃক্ষেপ।
আর্সেনিক আছে।</td>
</tr>
</table>

মন্তব্য ঃ (1), (2) এবং (3)-র জন্য 8,20 সারণীর মন্তব্য 214 পৃষ্ঠায় দেখ।

8, 48. As^{3+}, আর্সেনিক (আস্) যৌগের বিক্রিয়া

লঘু HCl-এ As_4O_6 দ্রবণ ব্যবহার কর, অথবা $NaAsO_2$ দ্রবণ ব্যবহার কর ঃ

1. H_2S ঃ HCl দ্রবণে হলুদ As_2S_3 অধঃক্ষেপ, গাঢ় HCl-এ অদ্রবণীয়; উষ্ণ গাঢ় HNO_3, KOH, NH_4OH ও $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে দ্রবীভূত হয়।

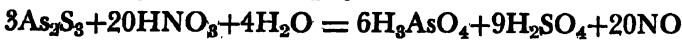
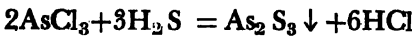
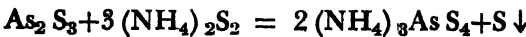
$$2AsCl_3+3H_2S = As_2S_3\downarrow+6HCl$$

$$3As_2S_3+20HNO_3+4H_2O = 6H_3AsO_4+9H_2SO_4+20NO$$

$$As_2S_3+6KOH = K_3AsO_3+3H_2O+K_3AsS_3$$

(পটাসিয়াম থায়ো-আর্সেনাইট)

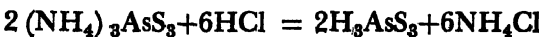
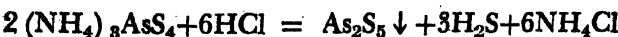
$$As_2S_3+6NH_4OH = (NH_4)_3AsO_3+((NH_4)_3AsS_3+3H_2O$$

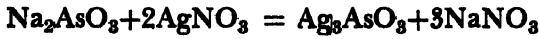
$$As_2S_3+3(NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3AsS_4+S\downarrow$$

থায়োআর্সেনাইটগুলি ও থায়োআর্সেনেটগুলি HCl-র উপস্থিতিতে মুক্ত অ্যাসিডে (H_3AsS_3 ও H_3AsS_4) পরিণত হয় এবং এই অ্যাসিডগুলি ক্ষণস্থায়ী হওয়ায় বিয়োজিত হয়ে As_2S_3, As_2S_5 এবং H_2S তৈরী কর।

$$2(NH_4)_3AsS_3+6HCl = 2H_3AsS_3+6NH_4Cl$$

$$2H_3AsS_3 = As_2S_3\downarrow+H_2S$$

অনুরূপভাবে,

$$2(NH_4)_3AsS_4+6HCl = As_2S_5\downarrow+3H_2S+6NH_4Cl$$

2. $AgNO_3$ দ্রবণ: প্রশম দ্রবণে হলুদ Ag_3AsO_3 অধঃক্ষেপ, HNO_3 ও NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

$$Na_3AsO_3+3AgNO_3 = Ag_3AsO_3+3NaNO_3$$

3. ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ ($MgCl_2$ + NH_4Cl + NH_4OH → **দ্রবণ**)**:** অধঃক্ষেপণ হয় না (আর্সেনেট হতে পার্থক্য)।

4. $SnCl_2$ + **গাঢ়** HCl**:** ছোট সিলিকা মুচির মধ্যে দু-ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, ২ ফোঁটা গাঢ় NH_4OH, ২ ফোঁটা H_2O_2 ("২0-Volume") এবং ২ ফোঁটা 10% $MgCl_2$ দ্রবণ মেশাও। ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত কর এবং শেষে ধূম উদ্‌গিরণ বন্ধ না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত কর। অবশেষাংশ ২ ফোঁটা $SnCl_2$ এবং ২ ফোঁটা গাঢ় HCl-র সাথে মিশিয়ে একটু গরম কর। বাদামী অথবা কাল অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 50,000

বিকারক দ্রবণ: 6N—HCl-এ 10% $SnCl_2$

মন্তব্য: আর্সেনিককে ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম আর্সেনেটে রূপান্তরিত করে উত্তপ্ত করা হয়, তখন পাইরো আর্সেনেট $Mg_2As_2O_7$ পাওয়া যায় এবং মারকারী লবণ উদ্বায়ী বলে দূরীভূত হয়। তারপর পাইরো আর্সেনেট HCl-র উপস্থিতিতে বিজারিত হয়ে ধাতব আর্সেনিক কণিকা উৎপন্ন করে।

5. Marsh-পরীক্ষা: আর্সেনিক (ইক) যৌগের বিক্রিয়া নং 5 দেখ।

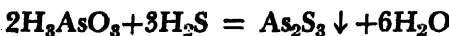
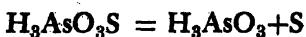
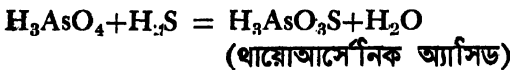
8, 49. As^{5+}, আর্সেনিক (ইক) যৌগের বিক্রিয়া

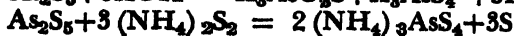
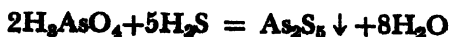
লঘু HCl-এ As_2O_5 দ্রবণ অথবা $Na_2HAsO_4, 12H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

1. H_2S: লঘু HCl দ্রাবকে সঙ্গে সঙ্গে কোন অধঃক্ষেপণ হয় না, কিন্তু H_2S গ্যাস কিছুক্ষণ চালিত করলে ধীরে ধীরে As_2S_3 এবং S একত্রে অধঃক্ষিপ্ত হয়। গরম অবস্থায় অধঃক্ষেপণ তাড়াতাড়ি হয়।

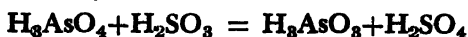
$$H_3AsO_4+H_2S = H_3AsO_3S+H_2O$$
(থায়োআর্সেনিক অ্যাসিড)

$$H_3AsO_3S = H_3AsO_3+S$$

$$2H_3AsO_3+3H_2S = As_2S_3\downarrow+6H_2O$$

উত্তপ্ত ও গাঢ় HCl ব্যবহার করলে As_2S_3 এবং As_2S_5 মিশ্রণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। As_2S_3-র ন্যায় As_2S_5 অধঃক্ষেপ উষ্ণ গাঢ় HCl-এ অদ্রবণীয় এবং KOH, NH_4OH ও $(NH_4)S_x$ দ্রবণে দ্রবণীয়।

$$2H_3AsO_4+5H_2S = As_2S_5\downarrow+8H_2O$$
$$As_2S_5+6KOH = K_3AsO_3S+K_3AsS_4+3H_2O$$
$$As_2S_5+3(NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3AsS_4+3S$$

ঐ দ্রবণগুলি HCl মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করলে পুনরায় As_2S_5 অধঃক্ষেপণ হয়।

বিশ্লেষণকালে মিশ্রণে আর্সেনেট থাকলে SO_2 দ্রবণ মিশিয়ে বিজারিত করে নেওয়ার নির্দেশ দেওয়া হয়, তারপর অতিরিক্ত SO_2 উত্তপ্ত করে তাড়িয়ে দেওয়া হয়।

$$H_3AsO_4+H_2SO_3 = H_3AsO_3+H_2SO_4$$

2. $AgNO_3$ দ্রবণ: প্রশম দ্রবণ হতে লালাভ-বাদামী রঙের Ag_3AsO_4 অধঃক্ষেপ (ফসফেট এবং আর্সেনাইট হতে পার্থক্য), খনিজ অ্যাসিড ও NH_4OH-এ দ্রবণীয়, CH_3COOH-এ অদ্রবণীয়।

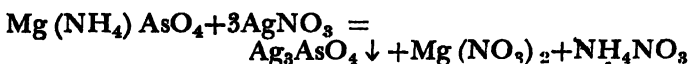
$$Na_3AsO_4+3AgNO_3 = Ag_3AsO_4\downarrow+3NaNO_3$$

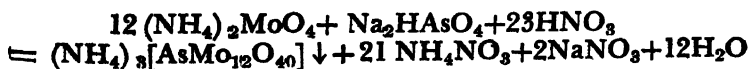
সূক্ষ্ম পরীক্ষা: একটি ছোট মুচির মধ্যে 2 ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও। 5 ফোঁটা গাঢ় NH_4OH, 2—3 ফোঁটা 3% H_2O_2 মিশিয়ে গরম কর। CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর এবং 2 ফোঁটা 1% $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ কর। লালাভ-বাদামী রঙ অথবা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।
সুবেদিতা—6 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 8000

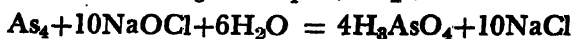
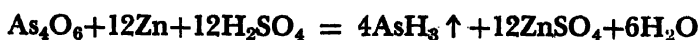
3. ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ: (8,32 পরিচ্ছেদ, 3 নং বিক্রিয়া দেখ) প্রশম অথবা অ্যামোনীয় দ্রবণ হতে সাদা $Mg(NH_4)AsO_4\cdot6H_2O$-কেলাস পাওয়া যায় (আর্সেনাইট হতে পার্থক্য)।

$$Na_2HAsO_4+MgCl_2+NH_3 = Mg(NH_4)AsO_4\downarrow+2NaCl$$

ফসফেটের উপস্থিতিতে আর্সেনেট আছে কিনা দেখবার জন্য ঐ অধঃক্ষেপ জল দিয়ে ধুয়ে প্রথমে ক্লোরাইড মুক্ত করা হয়, তারপর কয়েক ফোঁটা লঘু CH_3COOH ও $AgNO_3$ দ্রবণ মেশালে লালাভ-বাদামী Ag_3AsO_4 অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

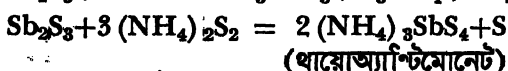
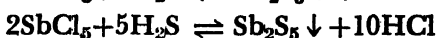
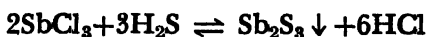
$$Mg(NH_4)AsO_4+3AgNO_3 = Ag_3AsO_4\downarrow+Mg(NO_3)_2+NH_4NO_3$$

4. অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ: 2 মি.লি. পরীক্ষণীয় দ্রবণের সাথে 3 মি.লি. গাঢ় HNO_3 এবং 3 মি.লি. বিকারক দ্রবণ মিশিয়ে 40° সে. তাপের বেশী উত্তপ্ত করলে (আর্সেনাইট ও ফসফেট হতে পার্থক্য) হলুদ-বর্ণের অ্যামোনিয়াম আর্সেনো-মলিবডেট, $(NH_4)_3[AsMo_{12}O_{40}]$, অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

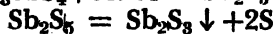
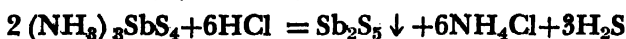
$$12(NH_4)_2MoO_4+Na_2HAsO_4+23HNO_3$$
$$= (NH_4)_3[AsMo_{12}O_{40}]\downarrow+21NH_4NO_3+2NaNO_3+12H_2O$$

5. **Marsh-পরীক্ষা**: আর্সেনিক (আস) এবং (ইক) উভয় অবস্থাতেই এই বিক্রিয়া ঘটে। একটি পরীক্ষা-নলে কিছু কঠিন পরীক্ষণীয় বস্তু নাও, তারমধ্যে বিশুদ্ধ জিংকের কুচি ও লঘু H_2SO_4 যোগ কর এবং ছিপি দিয়ে পরীক্ষা-নলের মুখটি বন্ধ কর। ছিপির মধ্যে একটি ছিদ্র করে ঐ ছিপির ভিতর দিয়ে একটি সমকোণে বাঁকান নির্গম-নল জুড়ে দাও। নির্গম-নলের প্রান্তটি কৈশিক নলের মত ছুঁচালো। ঐ ছুঁচালো মুখে আগুন ধরিয়ে দিলে ভিতর থেকে বের হয়ে আসা গ্যাস মিশ্রণ নীল শিখায় জ্বলতে থাকে। একটি ঠাণ্ডা ভাঙ্গা পর্সেলীনের মুচিতে ঐ নীল শিখা ধরলে কাল রঙের আস্তরণ জমা হয় এবং ঐ আস্তরণ NaOCl অথবা ব্লিচিং পাউডার দ্রবণে দ্রবীভূত হয় (অ্যান্টিমনি হতে পার্থক্য)।

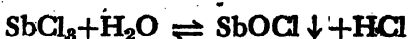
$$As_4O_6+12Zn+12H_2SO_4 = 4AsH_3\uparrow+12ZnSO_4+6H_2O$$
$$4AsH_3 = As_4\downarrow+6H_2\uparrow$$
$$As_4+10NaOCl+6H_2O = 4H_3AsO_4+10NaCl$$

8, 50. অ্যান্টিমনি যৌগের বিক্রিয়া

লঘু HCl-এ Sb_4O_6 দ্রবণ, অথবা গাঢ় HCl-এ Sb_2O_5 দ্রবণ ব্যবহার কর:

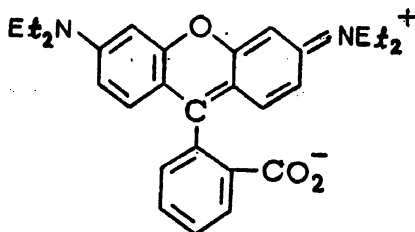
1. **H_2S**: কমলা রঙের Sb_2S_3 অথবা Sb_2S_5 অধঃক্ষেপ, অক্সালিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়; গাঢ় HCl, KOH ও $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে দ্রবণীয়।

$$2SbCl_3+3H_2S \rightleftharpoons Sb_2S_3\downarrow+6HCl$$
$$2SbCl_5+5H_2S \rightleftharpoons Sb_2S_5\downarrow+10HCl$$
$$Sb_2S_3+4KOH = KSbO_2+3KSbS_2+2H_2O$$
$$Sb_2S_5+6KOH = K_3SbO_3+K_3SbS_4+3H_2O$$
$$Sb_2S_3+3(NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3SbS_4+S$$
(থায়োঅ্যান্টিমোনেট)

লঘু HCl মিশিয়ে থায়োঅ্যান্টিমোনেট দ্রবণ অ্যাসিডীয় করলে বিযোজিত হয়ে Sb_2S_5, Sb_2S_3 এবং S অধঃক্ষেপ দেয়।

$$2(NH_3)_3SbS_4+6HCl = Sb_2S_5\downarrow+6NH_4Cl+3H_2S$$
$$Sb_2S_5 = Sb_2S_3\downarrow+2S$$

2. **জল**: $SbCl_3$ দ্রবণ জলের মধ্যে ঢাল্‌লে সাদা অ্যান্টিমোনিল ক্লোরাইড SbOCl অধঃক্ষেপণ হয়। ঐ অধঃক্ষেপ HCl এবং টারটারিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় (Bi হতে পার্থক্য)।

$$SbCl_3+H_2O \rightleftharpoons SbOCl\downarrow+HCl$$

3. **লোহ-তার**: অ্যান্টিমনি কণিকার কাল অধঃক্ষেপ, গরম ও লঘু HNO_3-এ দ্রবণীয়। ঐ দ্রবণ বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় শুষ্ক করে লঘু HCl-এ

দ্রবীভূত করে H_2S চালিত করলে কমলা রঙের Sb_2S_3 অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

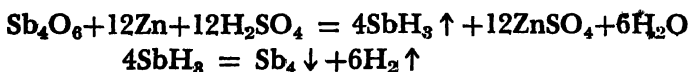
4. রোডামিন-B (Rhodamine-B) বিকারক,

একটি স্পট প্লেটে এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, 2 ফোঁটা গাঢ় HCl ও কয়েকটি $NaNO_2$ দানা মেশাও। এখন কয়েক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ করলে বিকারকের লাল রঙ নীল হয়ে যায়।

সুবেদিতা—0·5 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 100,000

বিকারক দ্রবণ : 0·01 গ্রাম rhodamine-B 100 মি.লি. জলে দ্রবীভূত কর।

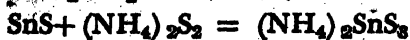
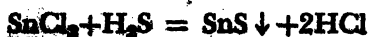
মন্তব্য : Sb^{5+} আয়নই নীল রঙ তৈরী করে। সুতরাং Sb^{3+} আয়ন থাকলে গাঢ় HCl মাধ্যমে $NaNO_2$ মিশিয়ে জারিত করে নিতে হয়। মারকারী বিঘ্ন ঘটায়।

5. Marsh-পরীক্ষা : (পূর্ববর্তী পরিচ্ছেদ দেখ)। কাল আস্তরণ NaOCl দ্রবণে অদ্রবণীয়, কিন্তু টারটারিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় (আর্সেনিক হতে পার্থক্য)।

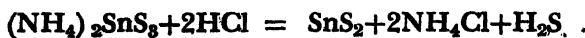
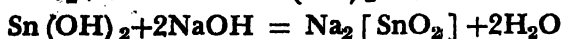
$$Sb_4O_6+12Zn+12H_2SO_4 = 4SbH_3\uparrow+12ZnSO_4+6H_2O$$
$$4SbH_3 = Sb_4\downarrow+6H_2\uparrow$$

8, 51. Sn^{2+}, টিন (আস) আয়নের বিক্রিয়া

লঘু HCl-এ $SnCl_2, 2H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর :

1. H_2S : নিম্ন গাঢ়ত্বের অ্যাসিড দ্রবণে (0·3N HCl) বাদামী অথবা চকোলেট রঙের SnS অধঃক্ষেপ, উষ্ণ গাঢ় HCl (As_2S_3 হতে পার্থক্য), অক্সালিক অ্যাসিড (Sb_2S_3 হতে পার্থক্য) এবং $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে দ্রবণীয়, কিন্তু KOH(*) এবং NH_4HS দ্রবণে অদ্রবণীয়।

* যদি IIA গ্রুপ হতে IIB গ্রুপকে পৃথক করার সময় KOH দ্রবণ ব্যবহার করা হয়, তাহলে সালফাইড অধঃক্ষেপণের পূর্বে Sn^{2+} আয়নকে H_2O_2 দ্বারা জারিত করে নেওয়া প্রয়োজন।

$$SnCl_2+H_2S = SnS\downarrow+2HCl$$
$$SnS+(NH_4)_2S_2 = (NH_4)_2SnS_3$$
(অ্যামোনিয়াম থায়োস্ট্যানেট)

ঐ থায়োস্ট্যানেট দ্রবণে HCl মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করলে হল্‌দ বর্ণের SnS_2 অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$(NH_4)_2SnS_3+2HCl = SnS_2+2NH_4Cl+H_2S$$

2. NaOH **দ্রবণ**: সাদা $Sn(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়।

$$SnCl_2+2NaOH = Sn(OH)_2\downarrow+2NaCl$$
$$Sn(OH)_2+2NaOH = Na_2[SnO_2]+2H_2O$$
(সোডিয়াম স্ট্যানাইট)

সোডিয়াম স্ট্যানাইট দ্রবণে বিসমাথ লবণের দ্রবণ মেশালে কাল হয়ে যায় (বিসমাথ আয়নের বিক্রিয়া নং 5 দেখ)।

3. $HgCl_2$ **দ্রবণ**: সাদা Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপ {মারকারী (ইক) আয়নের বিক্রিয়া নং 6 (দেখ)}।

4. **প্রতিপ্রভা পরীক্ষা**: 8,1 পরিচ্ছেদ (6) (গ) দেখ।

5. **ক্যাকোথেলীন** (Cacotheline) **বিকারক**: একটি স্পট প্লেটে 2 ফোঁটা Sn^{2+} দ্রবণ নাও এবং এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। বেগ্‌নী রঙের দ্রবণ পাওয়া যায়।

সুবেদিতা—0·2 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 250,000

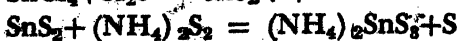
বিকারক দ্রবণ: 0·25% জলীয় দ্রবণ।

মন্তব্য: Sn^{4+} আয়ন ঐ রঙীন দ্রবণ দেয় না। সেজন্য Sn^{4+} আয়ন থাকলে Al অথবা Mg ধাতুর দ্বারা বিজারিত করে ছেঁকে নিতে হবে। বিক্রিয়ার মাধ্যম অ্যাসিডীয় (2N-HCl) হবে। শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য মাত্রেই বিঘ্ন ঘটায়, সেজন্য IIB গ্রুপ পৃথকীকরণের পর Sn^{2+} আয়ন নিয়ে পরীক্ষা করা উচিত।

8, 52. Sn^{4+}, টিন (ইক) আয়নের বিক্রিয়া

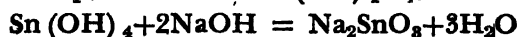
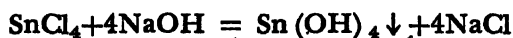
$SnCl_4.5H_2O$ লঘু HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করে সেই দ্রবণ ব্যবহার কর:

1. H_2S: হল্‌দ বর্ণের SnS_2 অধঃক্ষেপ, উষ্ণ গাঢ় HCl, KOH, $(NH_4)HS$ এবং $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে দ্রবণীয়।

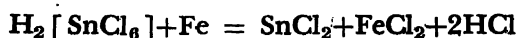
$$SnCl_4+H_2S = SnS_2\downarrow+4HCl$$
$$SnS_2+(NH_4)_2S_2 = (NH_4)_2SnS_3+S$$
(থায়োস্ট্যানেট)

ঐ থায়োষ্ট্যানেট দ্রবণে HCl মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করলে হলুদ বর্ণের SnS_2 অধঃক্ষেপণ হয়।

2. **NaOH দ্রবণ:** সাদা জেলীর মত $Sn(OH)_4$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়।

$$SnCl_4+4NaOH = Sn(OH)_4\downarrow+4NaCl$$
$$Sn(OH)_4+2NaOH = Na_2SnO_3+3H_2O$$

(সোডিয়াম ষ্ট্যানেট)

3. **$HgCl_2$ দ্রবণ:** অধঃক্ষেপণ হয় না (Sn^{2+} আয়ন হতে পার্থক্য)।

4. **লোহার কুচি:** HCl দ্রবণে Sn(IV) দ্রবণ বিজারিত হয়ে Sn(II) দ্রবণ উৎপন্ন করে। ছেঁকে নিয়ে পরিস্রুতের মধ্যে $HgCl_2$ দ্রবণ মেশাও। সাদা Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। Fe(II) দ্রবণ অনুরূপভাবে $HgCl_2$-কে বিজারিত করতে পারে না।

$$H_2[SnCl_6]+Fe = SnCl_2+FeCl_2+2HCl$$

8, 20. সারণী উন-পরিমাণঃ আর্সেনিক শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

IIA গ্রুপ অপকেন্দ্রণের পর স্বচ্ছ দ্রবণে (1) {8,17. সারণী (উন-পরিমাণ) দেখ} $KAsO_2$, $KAsS_2$, $KSbO_2$, $KSbS_2$, K_2SnO_3, K_2SnS_3 এবং কিছু $KHgS_2$ থাকতে পারে। সাবধানে গাঢ় HCl ফোঁটা ফোঁটা মেশাও যতক্ষণ না দ্রবণটি অ্যাসিডীয় হচ্ছে। এক মিনিট H_2S চালিত করে সালফাইড অধঃক্ষেপণ (২) সম্পূর্ণ কর। অধঃক্ষেপণ হলে বুঝতে হবে HgS, As_2S_3, Sb_2S_3 এবং SnS_2 থাকতে পারে। অপকেন্দ্রণ কর। স্বচ্ছ দ্রবণ ফেলে দাও। অল্প জল দিয়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং ধোয়া জল ফেলে দাও (*)। এরপর 1 মি.লি. গাঢ় HCl (3) মিশিয়ে অধঃক্ষেপ জলগাহে 3 মিনিট নাড়তে নাড়তে গরম কর। অপকেন্দ্রণ কর। 1 মি.লি. লঘু HCl দিয়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং ধোয়া দ্রবণ স্বচ্ছ দ্রবণের সাথে মেশাও।

অধঃক্ষেপঃ HgS এবং As_2S_3 থাকতে পারে। যদি হলুদ হয়, তাহলে কেবল মাত্র As_2S_3 আছে। জল দিয়ে ধুয়ে নাও। অধঃক্ষেপের সাথে ২ মি.লি. লঘু NH_4OH মেশাও এবং অপকেন্দ্রণ কর।

- **অধঃক্ষেপঃ** যদি কাল রঙের হয়, **মারকারী আছে।**
- **স্বচ্ছ দ্রবণঃ** দ্রবণটি অ্যাসিডীয় না হওয়া পর্যন্ত লঘু HNO_3 মেশাও।
  হলুদ As_2S_3 অধঃক্ষেপ।
  আর্সেনিক আছে।

স্বচ্ছ দ্রবণঃ $H[SbCl_4]$ এবং $H_2[SnCl_6]$ থাকতে পারে। দুই ভাগে ভাগ করঃ

- (*i*) একাংশে গাঢ় NH_4OH মিশিয়ে সবেমাত্র ক্ষারকীয় কর, 0·5 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড (4) মেশাও, একটু গরম কর এবং H_2S চালিত কর।
  কমলা রঙের Sb_2S_3 অধঃক্ষেপ।
  অ্যান্টিমনি আছে।
  অথবা রোডামিন-B বিকারক দ্বারা পরীক্ষা কর।
- (*ii*) অপরাংশে ২0 মি.গ্রা. Mg অথবা Al (5) ধাতুর গুঁড়া মিশিয়ে বিজারিত কর (২N-HCl) এবং অপকেন্দ্রণ কর। ড্রপারের সাহায্যে ২ ফোঁটা স্বচ্ছ দ্রবণ তুলে স্পট প্লেটে নাও এবং এক ফোঁটা ক্যাকোথেলীন দ্রবণ মেশাও। বেগুনী রঙের দ্রবণ পাওয়া যাবে।
  টিন আছে।

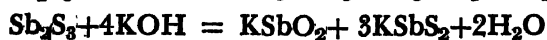
* যদি IIA গ্রুপ অনুপস্থিত থাকে, এখান থেকে কাজ আরম্ভ কর।

8, 20 সারণীর মন্তব্য:

মন্তব্য: (1) $As_2S_3+6KOH = K_3AsO_3+K_3AsS_3+3H_2O$

$As_2S_5+6KOH = K_3AsO_3S+K_3AsS_4+3H_2O$

$Sb_2S_3+4KOH = KSbO_2+3KSbS_2+2H_2O$

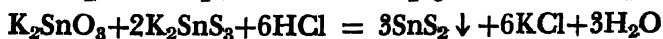
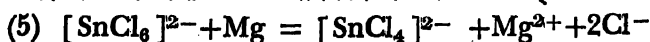
$3SnS_2+6KOH = K_2SnO_3+2K_2SnS_3+3H_2O$

(2) $K_3AsO_3+K_3AsS_3+6HCl = As_2S_5\downarrow+6KCl+H_2O$

$KSbO_2+3KSbS_2+4HCl = 2Sb_2S_3\downarrow+4KCl+2H_2O$

$K_2SnO_3+2K_2SnS_3+6HCl = 3SnS_2\downarrow+6KCl+3H_2O$

(3) এবং (4)-র জন্য 8, 18 সারণীর মন্তব্য 206 পৃষ্ঠায় দেখ।

(5) $[SnCl_6]^{2-}+Mg = [SnCl_4]^{2-}+Mg^{2+}+2Cl^-$

8, 21 সারণী: আয়রন শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

এই অধঃক্ষেপের মধ্যে থাকতে পারে $Fe(OH)_3$, $Cr(OH)_3$ $Al(OH)_3$ এবং কিছুটা MnO_2 xH_2O (*)। একটি ছুঁচালো কাঁচদণ্ডের সাহায্যে ছাঁকন কাগজ ছিদ্র করে হাইড্রোক্সাইড অধঃক্ষেপ অল্পমাত্রায় পাতিত জল দ্বারা ধুয়ে নীচে রাখা ছোট বীকারে নাও। ২ গ্রাম Na_2O_2 (অথবা $NaOH$ দ্রবণ + 5 মি.লি. 3% H_2O_2) মেশাও (২) এবং যতক্ষণ পর্যন্ত না বুদ্‌বুদন বন্ধ হয় উত্তপ্ত করে ফোঁটাও (৩ মিনিট)। ছাঁক এবং অল্প গরম জল দিয়ে ধুয়ে নাও।

অধঃক্ষেপ: $Fe(OH)_3$ এবং MnO_2 xH_2O (†) থাকতে পারে। লঘু HNO_3 (1 : 1) দ্বারা দ্রবীভূত কর এবং দুই ভাগে ভাগ কর:

(*i*) একাংশ জল মিশিয়ে লঘু কর, তার মধ্যে $K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণ দাও। নীল অধঃক্ষেপ। **আয়রন আছে।**

(*ii*) (*) অপরাংশ জল মিশিয়ে লঘু কর এবং ঠাণ্ডা করে তার মধ্যে 0·02 গ্রাম $NaBiO_3$ মিশিয়ে নাড়তে থাক, তারপর কঠিন অবশেষ থিতান পর্য্যন্ত অপেক্ষা কর।

বেগুনী রঙের দ্রবণ ($HMnO_4$)

ম্যাঙ্গানীজ আছে।

পরিস্রুত: Na_2CrO_4 (হলুদ) এবং $NaAlO_2$ (বর্ণহীন) থাকতে পারে।

পরিস্রুত বর্ণহীন হলে Cr থাকবে না, সুতরাং Cr-র জন্য আর পরীক্ষা করার প্রয়োজন হবে না। যদি দ্রবণ হলুদ রঙের হয়, তাহলে দুই ভাগে ভাগ কর:

(*i*) লঘু HNO_3 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর, ভাল ভাবে ঠাণ্ডা কর, তারপর 1 মি.লি. অ্যামাইল অ্যালকোহল ও 1 মি.লি. 3% H_2O_2 (3) যোগ কর। ভালভাবে নাড়া দিয়ে কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর।

নীল রঙের হাল্‌কা স্তর উপরে ভাসবে (পারক্রোমিক অ্যাসিড)

ক্রোমিয়াম আছে।

(*ii*) অল্প মাত্রায় NH_4Cl দানা নিয়ে নাড়তে নাড়তে মেশাও। সাদা আঁঠাল অধঃক্ষেপ, $NaOH$ দ্রবণে দ্রবীভূত হয়, আবার NH_4Cl দানা মেশালে অধঃক্ষেপ (4) ফিরে আসে। ঐ অধঃক্ষেপে Alizarin-s দ্রবণ (0·1%) ২ ফোঁটা দাও, CH_3COOH মিশিয়ে বেগুনী রঙ দূর কর। লাল রঙের অধঃক্ষেপ।

অ্যালুমিনিয়াম আছে।

মন্তব্য: (1) NH_4Cl-র উপস্থিতিতে $Fe(OH)_3$, $Cr(OH)_3$ এবং $Al(OH)_3$ লঘু অ্যামোনিয়া দ্রবণে অদ্রবণীয়। কিছু MnO_2 xH_2O

* অল্প পরিমাণে Mn^{2+} আয়ন থাকলে এখানে সহঅধঃক্ষেপণ হতে পারে।

† আয়রন না থাকলে বিশেষ করে এখানে অধঃক্ষেপ পাওয়া গেলে ম্যাঙ্গানীজ আছে কিনা পরীক্ষা করে দেখা উচিত।

সহ-অধঃক্ষেপণ হতে পারে। Co, Ni, Zn, Mn (কিছু পরিমাণ) জটিল অ্যামিন যৌগ তৈরী করে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। NH_4Cl-র উপস্থিতিতে Ba, Sr, Ca ও Mg আয়নগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয় না (দ্রাব্যতা গুণফল বেশী)।

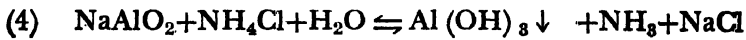
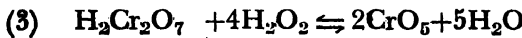
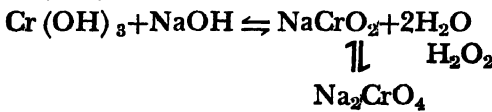
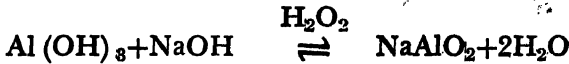
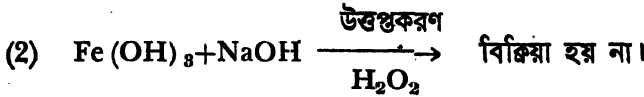
(2) $Fe(OH)_3 + NaOH \xrightarrow[H_2O_2]{\text{উত্তপ্তকরণ}}$ বিক্রিয়া হয় না।

$$Al(OH)_3 + NaOH \overset{H_2O_2}{\rightleftharpoons} NaAlO_2 + 2H_2O$$

$$Cr(OH)_3 + NaOH \leftrightharpoons NaCrO_2 + 2H_2O$$

$$NaCrO_2 \xrightarrow{H_2O_2} Na_2CrO_4$$

(3) $H_2Cr_2O_7 + 4H_2O_2 \leftrightharpoons 2CrO_5 + 5H_2O$

(4) $NaAlO_2 + NH_4Cl + H_2O \leftrightharpoons Al(OH)_3 \downarrow + NH_3 + NaCl$

8, 53. Fe^{2+}, আয়রন (আস) আয়নের বিক্রিয়া

$FeSO_4$ $7H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

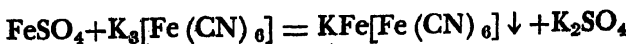
1. NH_4OH: কালচে সবুজ অধঃক্ষেপ, H_2O_2 যোগে বাদামী হয়ে যায়। NH_4OH বিকারক মেশাবার পূর্বে যদি কঠিন NH_4Cl কিছু মেশান হয় তাহলে অধঃক্ষেপণ হয় না।

$$FeSO_4 + 2NH_4OH = Fe(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

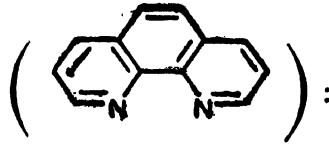
2. $K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণ: ফিকে নীল রঙের অধঃক্ষেপ, আংশিক জারিত হয়ে পটাসিয়াম ফেরিক ফেরোসায়ানাইড $K\overset{III}{Fe}[\overset{II}{Fe}(CN)_6]$ উৎপন্ন হয়।

$$FeSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] = K_2\overset{III}{Fe}\,[\overset{II}{Fe}\,(CN)_6] \downarrow + K_2SO_4$$

3. $K_3[Fe(CN)_6]$ দ্রবণ: গাঢ় নীল রঙের অধঃক্ষেপ। পূর্বে এই অধঃক্ষেপকে বলা হোত "Turnbull's blue" এবং লেখা হোত পটাসিয়াম ফেরাস ফেরিসায়ানাইড, $K\overset{II}{Fe}[\overset{III}{Fe}(CN)_6]$, কিন্তু বর্তমানে একে "Prussian blue" হতে অভিন্ন ধরা হয়।

$$FeSO_4 + K_3[Fe(CN)_6] = KFe[Fe(CN)_6] \downarrow + K_2SO_4$$

4. NH_4CNS দ্রবণ: বিশুদ্ধ ফেরাস লবণের দ্রবণে কোন রঙের পরিবর্তন হয় না (ফেরিক লবণ হতে পার্থক্য)।

5. ডাইমিথাইল গ্লাইঅক্সাইম দ্রবণঃ পরীক্ষণীয় এক ফোঁটা দ্রবণ স্পট প্লেটে নাও, অল্প কিছু টারটারিক অ্যাসিডের দানা মেশাও, তারপর এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ কর এবং ২—৩ ফোঁটা NH_4OH মিশিয়ে অ্যামোনীয় কর। লাল রঙের দ্রবণ পাওয়া যাবে।
সুবেদিতা—0·05 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 125,000
বিকারক দ্রবণঃ 1% অ্যালকোহলীয় দ্রবণ।
মন্তব্যঃ ফেরিক লবণের এরূপ বিক্রিয়া হয় না। Ni, Co এবং Cu বিঘ্ন ঘটায়।

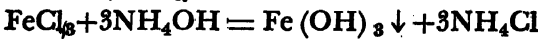
6. O-ফিনানথ্রোলীন বিকারক, (structure: N, N) :

এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ মৃদু অ্যাসিডীয় অবস্থায় স্পট প্লেটে নাও এবং এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। লাল রঙের দ্রবণ পাওয়া যাবে।
গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 1,500,000

বিকারক দ্রবণঃ 0·1% জলীয় দ্রবণ।
মন্তব্যঃ জটিল আয়ন, $[Fe(C_{12}H_8N_2)_3]^{2+}$, মৃদু অ্যাসিডীয় মাধ্যমে লাল রঙের হয়। ফেরিক আয়ন এ ধরনের রঙীন বলয় যৌগ উৎপন্ন করে না। ফেরিক আয়নকে প্রথমে $NH_2OH.\ HCl$ দ্বারা বিজারিত করার পর এই পরীক্ষা করা চলে।

8, 54. Fe^{3+}, আয়রন (ইক) আয়নের বিক্রিয়া

$FeCl_3\ 6H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার করঃ

1. NH_4OHঃ বাদামী ও আঠাল $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

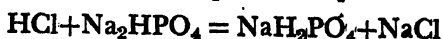
$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$

2. NaOH দ্রবণঃ বাদামী ও আঠাল $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয় (Al^{3+} এবং Cr^{3+} হতে পার্থক্য)।

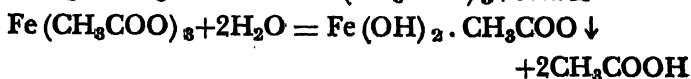
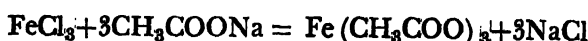
3. $K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণঃ গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ, $K\overset{III}{Fe}[\overset{II}{Fe}(CN)_6]$, (ফেরিক ফেরোসায়ানাইড, Prussian blue), অতিরিক্ত বিকারক, গাঢ় HCl এবং অক্সালিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়, কিন্তু লঘু HCl ও HNO_3-এ অদ্রবণীয়। এই অধঃক্ষেপ ক্ষারকীয় ধাতুর দ্রবণ দ্বারা বিযোজিত হয় এবং ফেরিক হাইড্রোক্সাইড ও একটা ফেরোসায়ানাইড উৎপন্ন করে।

$$FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6] = KFe[Fe(CN)_6] \downarrow + 3KCl$$

4. $K_3[Fe(CN)_6]$ দ্রবণ ঃ ফেরিক ফেরোসায়ানাইডের বাদামী দ্রবণ পাওয়া যায় (ফেরাস লবণ হতে পার্থক্য)।

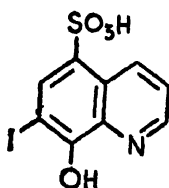
5. Na_2HPO_4 দ্রবণ ঃ ফিকে হলুদ রঙের $FePO_4$ অধঃক্ষেপ, অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়, কিন্তু অজৈব অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

$$FeCl_3+Na_2HPO_4 = FePO_4\downarrow+HCl+2NaCl$$
$$HCl+Na_2HPO_4 = NaH_2PO_4+NaCl$$

6. CH_3COONa দ্রবণ ঃ বাদামী দ্রবণ পাওয়া যায়। জল মিশিয়ে লঘু করে ফোটালে ক্ষারকীয় ফেরিক অ্যাসিটেটের অধঃক্ষেপ, $Fe(OH)_2CH_3COO$, উৎপন্ন হয়।

$$FeCl_3+3CH_3COONa = Fe(CH_3COO)_3+3NaCl$$
$$Fe(CH_3COO)_3+2H_2O = Fe(OH)_2.CH_3COO\downarrow+2CH_3COOH$$

7. KCNS দ্রবণ ঃ গাঢ় লাল রঙের দ্রবণ পাওয়া যায়। $[Fe(CNS)]^{2+}$ আয়নের জন্য গাঢ় লাল রঙ হয় বলে জানা গেছে। ফসফেট, আর্সেনেট, বোরেট, আয়োডেট, সালফেট, অক্সালেট, অ্যাসিটেট, সাইট্রেট, টারট্রেট, ফ্লোরাইড ও মারকিউরিক ক্লোরাইড বিঘ্ন ঘটায়। জৈব অ্যাসিডগুলি Fe^{3+} আয়নের সাথে জটিল আয়ন উৎপন্ন করে।

$$Fe^{3+}+3C_2O_4^{2-} \rightleftharpoons [Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$$
$$Fe^{3+}+6F^- \rightleftharpoons [FeF_6]^{3-}$$

অ্যাসিডীয় দ্রবণে নাইট্রাইট আয়ন নাইট্রোসিল থায়োসায়ানেট, (NO CNS), গঠন করে এবং এর রঙ লাল। সুতরাং নাইট্রাইটের উপস্থিতি ভুল পথে চালিত করতে পারে। এই পরীক্ষা স্পট প্লেটে অথবা বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে সূক্ষ্ম পরীক্ষা হিসাবে করা চলে।

8. 7-আয়োডো-8-হাইড্রোক্সিকুইনোলীন-5-সালফোনিক অ্যাসিড অথবা ফেরন (Ferron) বিকারক

ছোট পরীক্ষা নলে কয়েক ফোঁটা মৃদু অ্যাসিডীয় পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও এবং এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ কর। সবুজ রঙের দ্রবণ পাওয়া যাবে।

সুবেদিতা—$0 \cdot 5$ মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 1,000,000

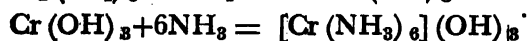
বিকারক দ্রবণঃ $0 \cdot 2\%$ জলীয় দ্রবণ।

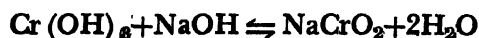
মন্তব্যঃ মৃদু অ্যাসিডীয় মাধ্যমে (pH $2 \cdot 5$—$3 \cdot 0$) Fe^{3+} আয়ন বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে সবুজ রঙ উৎপন্ন করে। Fe^{2+} আয়ন এধরনের বিক্রিয়া ঘটায় না। কেবলমাত্র Cu বিঘ্ন ঘটায়।

8, 55. Cr^{3+}, ক্রোমিয়াম (ইক) আয়নের বিক্রিয়া

$K_2SO_4\ Cr_2(SO_4)_3\ 24H_2O$ জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করঃ

1. NH_4OH **:** ফিকে সবুজ ও আঠাল $Cr(OH)_3$ অধঃক্ষেপ, সাধারণ অবস্থায় অতিরিক্ত বিকারকে সামান্য পরিমাণ দ্রবীভূত হয়ে গোলাপী অথবা বেগুনী দ্রবণ উৎপন্ন করে। ঐ দ্রবণ ফোটালে $Cr(OH)_3$ অধঃক্ষেপণ হয়।

$$Cr_2(SO_4)_3+6NH_4OH=2Cr(OH)_3\downarrow+3(NH_4)_2SO_4$$
$$Cr(OH)_3+6NH_3=[Cr(NH_3)_6](OH)_3$$

2. $NaOH$ **দ্রবণঃ** $Cr(OH)_3$ অধঃক্ষেপ, ঠাণ্ডা অবস্থায় অতিরিক্ত বিকারকে সহজে দ্রবীভূত হয়ে সবুজ সোডিয়াম ক্রোমাইট $NaCrO_2$ দ্রবণ উৎপন্ন করে। ঐ দ্রবণ উত্তপ্ত করলে $Cr(OH)_3$ পুনরায় অধঃক্ষিপ্ত হয় (অ্যালুমিনিয়াম হতে পার্থক্য)।

$$Cr(OH)_3+NaOH \leftrightharpoons NaCrO_2+2H_2O$$

$NaCrO_2$ দ্রবণে H_2O_2 (6%) যোগ করলে হলুদ Na_2CrO_4 দ্রবণ উৎপন্ন হয় এবং পারক্রোমিক অ্যাসিড বিক্রিয়া অথবা ডাইফিনাইল কার্বাজাইড বিকারক দ্বারা সনাক্ত করা যায়।

3. Na_2HPO_4 **দ্রবণঃ** সবুজ $CrPO_4$ অধঃক্ষেপ, অজৈব অ্যাসিডে দ্রবণীয়, ঠাণ্ডা ও লঘু CH_3COOH-এ অদ্রবণীয়।

$$CrCl_3+2NaHPO_4=CrPO_4\downarrow+3NaCl+NaH_2PO_4$$

4. **পারক্রোমিক অ্যাসিড বিক্রিয়াঃ** ক্রোমিক দ্রবণকে জারিত করে ($NaOH + H_2O_2$ দ্বারা) ক্রোমেট করে নেওয়ার পর ঐ দ্রবণে লঘু H_2SO_4 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করে নেওয়া হয়, তারপর 2—3 মি.লি. অ্যামাইল অ্যালকোহল এবং কয়েক ফোঁটা H_2O_2 মিশিয়ে নাড়ালে উপরের জৈব স্তর গাঢ় নীল হয়ে যায়। ক্ষণস্থায়ী পেরোক্সি ক্রোমিক অ্যাসিড (*)

যদিও পার-ক্রোমিক অ্যাসিড বলা ঠিক নয়, অনেক দিন ধরে অনেকেই পেরোক্সি ক্রমিক অ্যাসিডকে পার-ক্রোমিক অ্যাসিড বলে এসেছেন, সেজন্য এখানে পার-ক্রোমিক অ্যাসিড লেখা হল।

(পারক্রোমিক অ্যাসিড) অ্যামাইল অ্যালকোহলে জল অপেক্ষা অধিক দ্রবণীয়, সেজন্য জৈব স্তর গাঢ় নীল দেখায়।

$$H_2Cr_2O_7 + 4H_2O_2 \rightleftharpoons 2CrO_5 + 5H_2O$$

5. **ডাই ফিনাইল কার্বাজাইড বিকারক,** $CO\begin{matrix} / NH.NH.C_6H_5 \\ \backslash NH.NH.C_6H_5 \end{matrix}$

এক ফোঁটা অ্যাসিডীয় ($2N\text{-}H_2SO_4$) ক্রোমেট দ্রবণ স্পট প্লেটে নাও এবং এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। নীলাভ বেগুনী দ্রবণ পাওয়া যায়।
সুবেদিতা—0·25 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 2,000,000
বিকারক দ্রবণ : 1% অ্যালকোহলীয় দ্রবণ।

মন্তব্য : ক্রোমিক আয়ন হিসাবে থাকলে তাকে জারিত করে ক্রোমেট করে নেওয়া প্রয়োজন। (*i*) $NaOH + H_2O_2$, (*ii*) লঘু $H_2SO_4 + (NH_4)_2S_2O_8$ + সামান্য $AgNO_3$, অথবা (*iii*) $NaOH + Br_2$ দ্বারা জারিত করা যেতে পারে। Br_2 দ্বারা জারিত করলে অতিরিক্ত Br_2 ফেনল মিশিয়ে নিষ্ক্রিয় (inactive) করে ফেলা হয়। Mn^{2+} ও Hg^{2+} বিঘ্ন ঘটায়।

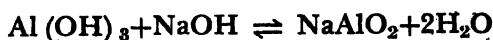
8, 56. Al^{3+}, অ্যালুমিনিয়াম আয়নের বিক্রিয়া :

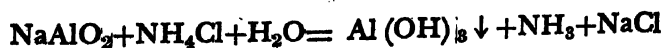
$Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর :

1. **NH_4OH :** সাদা আঠাল $Al(OH)_3$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে সামান্য পরিমাণে দ্রবণীয় (অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোকসাইড সল উৎপন্ন হয়), কিন্তু NH_4Cl-র উপস্থিতিতে দ্রবণীয়তা কমে যায় (সাধারণ আয়ন প্রভাব)।

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 2Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$$

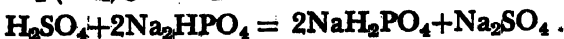
2. **$NaOH$ দ্রবণ :** সাদা আঠাল $Al(OH)_3$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়।

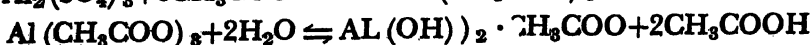
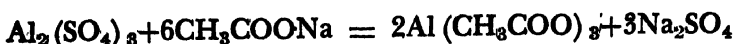
$$Al(OH)_3 + NaOH \rightleftharpoons NaAlO_2 + 2H_2O$$

উপরোক্ত বিক্রিয়া উভমুখী হওয়ার জন্য ঐ দ্রবণে NH_4Cl মেশালে $[OH^-]$ কমে যায় এবং বিক্রিয়াসাম্য ডান দিক হতে বাম দিকে প্রসারিত হয়, ফলে পুনরায় $Al(OH)_3$ অধঃক্ষেপণ হয়।

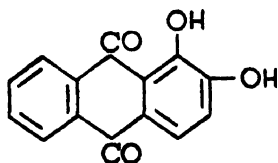
$$NaAlO_2 + NH_4Cl + H_2O = Al(OH)_3\downarrow + NH_3 + NaCl$$

3. **Na_2HPO_4 দ্রবণ :** সাদা আঠাল $AlPO_4$ অধঃক্ষেপ, লঘু CH_3COOH-এ

অদ্রবণীয়, কিন্তু অজৈব অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষার দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে যায়।

$$Al_2(SO_4)_3 + 2Na_2HPO_4 = 2AlPO_4\downarrow + 2Na_2SO_4 + H_2SO_4$$
$$H_2SO_4 + 2Na_2HPO_4 = 2NaH_2PO_4 + Na_2SO_4 .$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 4Na_2HPO_4 = 2AlPO_4 + 3Na_2SO_4 + 2NaH_2PO_4$$
$$AlPO_4 + 4NaOH = NaAlO_2 + Na_3PO_4 + 2H_2O$$

4. **CH_3COONa দ্রবণ:** ঠাণ্ডা ও প্রশম অবস্থায় কোন অধঃক্ষেপণ হয় না। অতিরিক্ত বিকারক মিশিয়ে ফোটালে ক্ষারকীয় অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিটেট $Al(OH)_2 \cdot CH_3COO$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

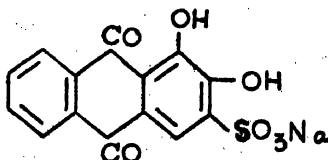
$$Al_2(SO_4)_3 + 6CH_3COONa = 2Al(CH_3COO)_3 + 3Na_2SO_4$$
$$Al(CH_3COO)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons AL(OH))_2 \cdot CH_3COO + 2CH_3COOH$$

5. **অ্যালিজারিন (Alizarin) বিকারক**

CO OH
OH
CO

একটি বিন্দু বিক্রিয়া কাগজ অথবা মাত্রিক ছাঁকন কাগজ অ্যালিজারিনের সম্পৃক্ত অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সিক্ত করে শুকিয়ে নাও। এক ফোঁটা অ্যাসিডীয় পরীক্ষণীয় দ্রবণ ঐ কাগজে নাও এবং NH_3 গ্যাসের উপর ধর যতক্ষণ না সমস্ত কাগজটি বেগুনী (অ্যামোনিয়াম অ্যালিজারিনেটের রঙ বেগুনী) হয়ে যায়। এখন ঐ কাগজ 100° সে. তাপমাত্রায় শুকালে অ্যামোনিয়াম অ্যালিজারিনেট বিযোজিত হয় অর্থাৎ বেগুনী রঙ দূর হয়ে যায় এবং লাল রঙের রঞ্জন বিশেষ (lake) দৃষ্টিগোচরে আসে।

সুবেদিতা—0·15 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 333,000

বিকারক দ্রবণ: অ্যালকোহলীয় সম্পৃক্ত দ্রবণ।

মন্তব্য: Fe^{3+}, Cr^{3+} এবং Mn^{2+} বিঘ্ন ঘটায়।

6. **অ্যালিজারিন-সালফোনেট (Alizarin—S) বিকারক,**

CO OH
OH
SO_3Na
CO

স্পট প্লেটে এক ফোঁটা $NaAlO_2$ দ্রবণ নাও, এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও, তারপর কয়েক ফোঁটা CH_3COOH মেশাও যতক্ষণ পর্যন্ত না বেগুনী রঙ অদৃশ্য হয় এবং এক ফোঁটা বেশী মেশাও। লাল দ্রবণ অথবা অধঃক্ষেপ।

সুবেদিতা—0·7 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 80,000

বিকারক দ্রবণ : 0·1% জলীয় দ্রবণ।

মন্তব্য : Cu, Bi, Fe, Be, Co, Zn, Ca, Ba, Sr লবণগুলি বিঘ্ন ঘটায়।

8, 22 সারণী (উন-পরিমাণ): আয়রন শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

এই অধঃক্ষেপের (1) মধ্যে থাকতে পারে $Fe(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Al(OH)_3$ এবং কিছুটা $MnO_2 \cdot xH_2O$। এই অধঃক্ষেপ 3 মি. লি. NaOH দ্রবণের সাহায্যে শক্ত কাচের পরীক্ষা-নলে নাও এবং 2 মি.লি. 3% H_2O_2 মেশাও (2)। প্রায় এক মিনিট সাবধানে ফোটাও এবং অপকেন্দ্রণ কর।

অধঃক্ষেপ: $Fe(OH)_3$ এবং $MnO_2 \cdot xH_2O$ থাকতে পারে।

কয়েক ফোঁটা গরম জল দিয়ে ধুয়ে নাও। HNO_3 (1 : 1) দ্বারা দ্রবীভূত কর এবং দুই ভাগে ভাগ কর:

(*i*) একাংশে $K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণ মেশাও। গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ। আয়রন আছে।

(*ii*) অপরাংশ জল মিশিয়ে লঘু কর, ঠাণ্ডা কর, 10 মি.গ্রা. $NaBiO_3$ মিশিয়ে নাড়তে থাক। তারপর কঠিন অবশেষ থিতান পর্যন্ত অপেক্ষা কর। বেগুনী রঙের দ্রবণ ($HMnO_4$)

ম্যাঙ্গানীজ আছে।

স্বচ্ছ দ্রবণ: Na_2CrO_4 (হলুদ) এবং $NaAlO_2$ (বর্ণহীন) থাকতে পারে। দুই ভাগে ভাগ কর:

(*i*) লঘু HNO_3 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর, ঠাণ্ডা কর, 0·5 মি.লি. অ্যামাইল অ্যালকোহল এবং 2 ফোঁটা 3% H_2O_2 (3) যোগ কর।

ভালভাবে নাড়া দিয়ে কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর। উপরের জৈবস্তর নীল দেখাবে।

ক্রোমিয়াম আছে।

(*ii*) 8, 21 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

মন্তব্য: (1), (2) এবং (3)-এর জন্য 8, 21 সারণীর মন্তব্য এবং 216 পৃষ্ঠায় দেখ।

8, 23 সারণী: জিংক শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

এই অধঃক্ষেপের (1) মধ্যে থাকতে পারে CoS, NiS, MnS এবং ZnS। H_2S জল মেশান 1% NH_4Cl দ্রবণ দিয়ে অধঃক্ষেপ দুবার ধুয়ে নাও। ছোট বীকারে অধঃক্ষেপ নাও এবং লঘু HCl (2) মিশিয়ে কিছুক্ষণ নাড়তে থাক (2-3 মিনিট)। ছাঁক।

অধঃক্ষেপ: কাল, CoS এবং NiS থাকতে পারে। এই অধঃক্ষেপ নিয়ে সোহাগাগুটিকা পরীক্ষা কর।

নীল গুটিকা—**কোবাল্ট আছে।**

যদি কোবাল্ট না থাকে এবং বাদামী (brown) গুটিকা পাওয়া যায়, তাহলে **নিকেল আছে।**

এই অধঃক্ষেপ ৫ মি.লি. গাঢ় HNO_3 মিশিয়ে উত্তপ্ত করে দ্রবীভূত কর এবং শুষ্ক কর। শুষ্ক অবশেষের জলীয় দ্রবণ তৈরী করে দুই ভাগে ভাগ কর:

(*i*) কিছু NH_4Cl ও NH_4OH যোগ কর (সবেমাত্র ক্ষারীয়), তারপর ডাইমিথাইলগ্লাইঅক্সাইম দ্রবণ কয়েক ফোঁটা মেশাও। লাল অধঃক্ষেপ।

নিকেল আছে।

(*ii*) 1 মি.লি. অ্যামাইল অ্যালকোহল এবং 2 গ্রাম কঠিন NH_4CNS মিশিয়ে নাড়। অ্যালকোহলের স্তর গাঢ় নীল বর্ণ হবে।

কোবাল্ট আছে।

পরিস্রুত: $MnCl_2$ ও $ZnCl_2$ থাকতে পারে। ফুটিয়ে H_2S দূর কর [$Pb(CH_3COO)_2$-কাগজ], ঠাণ্ডা কর, অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ (3) মিশিয়ে নাড়। ছাঁক।

অধঃক্ষেপ: $Mn(OH)_2$ এবং $MnO_2 \cdot xH_2O$ থাকতে পারে। 8, 21 সারণী অনুযায়ী পরীক্ষা কর।

পরিস্রুত: Na_2ZnO_2 থাকতে পারে। দুই ভাগে ভাগ কর:

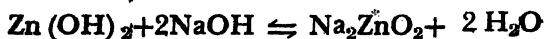
(*i*) লঘু CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর এবং H_2S চালিত কর। সাদা অধঃক্ষেপ।

জিংক আছে।

(*ii*) $(NH_4)_2[Hg(CNS)_4] + CoSO_4$ পরীক্ষা করে পুনরায় জিংকের উপস্থিতি প্রমাণ কর।

মন্তব্য: (1) CoS, NiS, MnS এবং ZnS—এদের দ্রাব্যতা গুণফল বেশী (দ্রাব্যতা গুণফল দেখ)। সেজন্য কেবলমাত্র NH_4OH মাধ্যমে H_2S দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

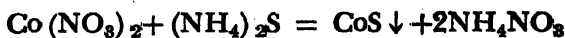
(২) লঘু HCl (1 : ২0)-এ CoS এবং NiS অদ্রবণীয়। MnS এবং ZnS লঘু HCl-এ দ্রবীভূত হয়ে যথাযথ ক্লোরাইড দ্রবণ তৈরী করে।

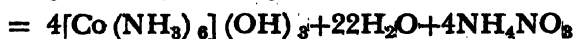
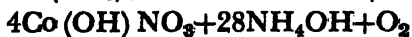
(৩) অতিরিক্ত NaOH দ্রবণে $Zn(OH)_2$ দ্রবীভূত হয়:

$$Zn(OH)_2+2NaOH \leftrightharpoons Na_2ZnO_2+2H_2O$$
$$Mn(OH)_2+NaOH \rightarrow \text{বিক্রিয়া হয় না।}$$

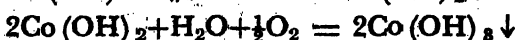
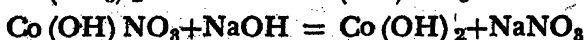
8, 57. Co^{2+}, কোবাল্ট (আস্) আয়নের বিক্রিয়া

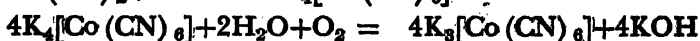
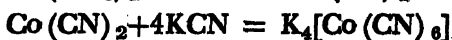
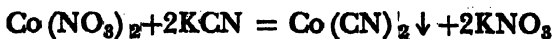
$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

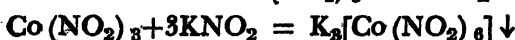
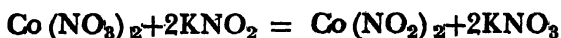
1. $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণ: প্রশম এবং ক্ষারকীয় দ্রবণে কাল CoS অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারক, লঘু CH_3COOH এবং 1N-HCl দ্রবণে অদ্রবণীয়; উষ্ণ ও গাঢ় HNO_3 দ্বারা দ্রবীভূত হয়।

$$Co(NO_3)_2+(NH_4)_2S = CoS\downarrow+2NH_4NO_3$$
$$3CoS+8HNO_3 = 3Co(NO_3)_2+2NO+3S+4H_2O$$

2. NH_4OH: ঠাণ্ডা অবস্থায় নীল ক্ষারকীয় লবণের অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারক অথবা অ্যামোনিয়াম লবণ যোগ করলে দ্রবীভূত হয়ে হলুদ-বাদামী দ্রবণ উৎপন্ন করে। এই দ্রবণ বাতাসের সংস্পর্শে থাকলে অথবা H_2O_2 মেশালে জারিত হয়ে লাল জটিল লবণ (কোবাল্ট অ্যামিন) উৎপন্ন করে।

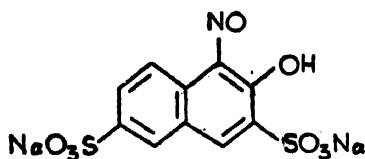
$$Co(NO_3)_2+NH_4OH = Co(OH)NO_3\downarrow+NH_4NO_3$$
$$4Co(OH)NO_3+28NH_4OH+O_2$$
$$= 4[Co(NH_3)_6](OH)_3+22H_2O+4NH_4NO_3$$

3. NaOH দ্রবণ: ঠাণ্ডা অবস্থায় নীল ক্ষারকীয় লবণের $Co(OH)NO_3$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারক মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে বেগুনী (pink) $Co(OH)_2$-এ রূপান্তরিত হয় এবং সামান্য পরিমাণ দ্রবীভূত হয়। এই হাইড্রোক্সাইড বাতাসের সংস্পর্শে রাখলে অথবা অনেকক্ষণ জলে ফোটালে জারিত হয়ে গাঢ় বাদামী (brownish-black) $Co(OH)_3$ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$Co(NO_3)_2+NaOH = Co(OH)NO_3\downarrow+NaNO_3$$
$$Co(OH)NO_3+NaOH = Co(OH)_2+NaNO_3$$
$$2Co(OH)_2+H_2O+\tfrac{1}{2}O_2 = 2Co(OH)_3\downarrow$$

4. **KCN দ্রবণ:** লালাভ-বাদামী $Co(CN)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হয়ে জটিল লবণ $K_4[Co(CN)_6]$ উৎপন্ন করে। এই বাদামী দ্রবণ অনেকক্ষণ ফোটালে জারিত হয়ে পটাসিয়াম কোবাল্টি-সায়ানাইডের হলুদ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। কয়েক ফোঁটা H_2O_2 অথবা NaOCl এই জারণ-ক্রিয়া ত্বরান্বিত করে।

$$Co(NO_3)_2+2KCN = Co(CN)_2\downarrow+2KNO_3$$
$$Co(CN)_2+4KCN = K_4[Co(CN)_6]$$
$$4K_4[Co(CN)_6]+2H_2O+O_2 = 4K_3[Co(CN)_6]+4KOH$$

5. **KNO_2 দ্রবণ:** গাঢ় কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণে CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করার পর অতিরিক্ত বিকারক মেশালে হলুদ $K_3[Co(NO_2)_6]$, $3H_2O$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় (নিকেল হতে পার্থক্য)।

$$Co(NO_3)_2+2KNO_2 = Co(NO_2)_2+2KNO_3$$
$$Co(NO_2)_2+2KNO_2+2CH_3COOH$$
$$= Co(NO_2)_3+NO+H_2O+2CH_3COOK$$
$$Co(NO_2)_3+3KNO_2 = K_3[Co(NO_2)_6]\downarrow$$

6. **NH_4CNS কেলাস:** উজ্জ্বল নীল দ্রবণ (কোবাল্টি-থায়োসায়ানেট আয়ন, $[Co(CNS)_4]^{2-}$) ইথার অথবা অ্যামাইল অ্যালকোহলে দ্রবণীয়। সুতরাং অ্যামাইল অ্যালকোহল মিশিয়ে নাড়লে উপরের জৈব স্তর নীল হয়ে যায় (নিকেল হতে পার্থক্য)।

$$Co(NO_3)_2+4NH_4CNS = (NH_4)_2Co(CNS)_4+2NH_4NO_3$$

7. **সোডিয়াম 1-নাইট্রো-2-হাইড্রোক্সিন্যাপ্থলিন—3 : 6—ডাইসালফোনেট বিকারক** (Nitroso-R লবণ);

স্পটপ্লেটে এক ফোঁটা প্রশম পরীক্ষণীয় দ্রবণ (সোডিয়াম অ্যাসিটেট বাফার দ্রবণ মিশ্রিত) নাও, এবং 3 ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। লাল দ্রবণ পাওয়া যাবে।

গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 500,000

বিকারক দ্রবণ: 1% জলীয় দ্রবণ।

মন্তব্য: Sn এবং Fe বিঘ্ন ঘটায়। NH_4F মিশিয়ে Fe-র উপস্থিতিতে পরীক্ষা করা চলে।

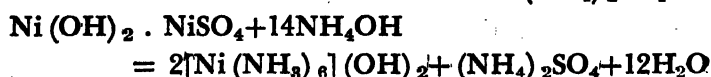
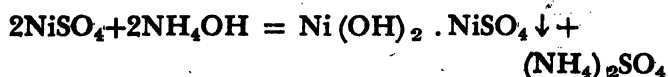
8, 58. Ni^{2+}, নিকেল আয়নের বিক্রিয়া

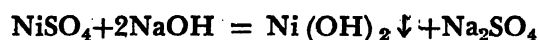
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

1. $(NH_4)_2S$ দ্রবণ: প্রশম ও ক্ষারীয় দ্রবণে কাল NiS অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারক, লঘু CH_3COOH এবং 1N-HCl দ্রবণে অদ্রবণীয়। অতিরিক্ত বিকারকে সামান্য পরিমাণ NiS দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় বাদামী কলয়েডীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে, তবে লঘু CH_3COOH মিশিয়ে ফোটালে পুনরায় NiS অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ছাঁকন কাগজে ছাঁকা যায়। উষ্ণ ও গাঢ় HNO_3 এবং অম্লরাজ দ্বারা NiS দ্রবীভূত হয়।

$$NiSO_4 + (NH_4)_2S = NiS\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$
$$3NiS + 8HNO_3 = 3Ni(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO + 3S$$

2. NH_4OH: ঠাণ্ডা অবস্থায় সবুজ ক্ষারকীয় লবণের অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হয়ে জটিল নিকেল অ্যামিন উৎপন্ন করে। NH_4Cl মিশিয়ে NH_4OH যোগ করলে কোন অধঃক্ষেপণ হয় না (সাধারণ আয়ন প্রভাব)।

$$2NiSO_4 + 2NH_4OH = Ni(OH)_2 . NiSO_4\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$
$$Ni(OH)_2 . NiSO_4 + 14NH_4OH = 2[Ni(NH_3)_6](OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 + 12H_2O$$

3. NaOH দ্রবণ: সবুজ $Ni(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয় এবং বাতাসের সংস্পর্শে জারিত হয় না।

$$NiSO_4 + 2NaOH = Ni(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

4. KCN দ্রবণ: সবুজ $Ni(CN)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হয়ে জটিল লবণ $K_2[Ni(CN)_4]$ উৎপন্ন করে।

$$NiSO_4 + 2KCN = Ni(CN)_2\downarrow + K_2SO_4$$
$$Ni(CN)_2 + 2KCN = K_2[Ni(CN)_4]$$

5. KNO_2 দ্রবণ: CH_3COOH-র উপস্থিতিতে কোন অধঃক্ষেপণ হয় না (কোবাল্ট হতে পার্থক্য)।

6. ডাইমিথাইল গ্লাইঅক্সাইম বিকারক, $\left(\begin{array}{l} CH_3 - C = NOH \\ \qquad\ \ | \\ CH_3 - C = NOH \end{array}\right)$:

বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ কর এবং কাগজটিকে NH_3 গ্যাসের উপর ধর। লাল বিন্দু পাওয়া যাবে।

স্পট প্লেটে অথবা সাধারণ পরীক্ষা নলে পরীক্ষা করলে লাল দ্রবণ অথবা অধঃক্ষেপ(*) পাওয়া যায়।

সুবেদিতা—0·16 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : ৩00,000

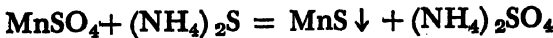
বিকারক দ্রবণ : 1% অ্যালকোহলীয় দ্রবণ।

মন্তব্য : Fe (II), Bi (III), এবং Co যখন অধিক পরিমাণে থাকে, বিঘ্ন ঘটায়।

8, 59. Mn^{2+}, ম্যাঙ্গানীজ আয়নের বিক্রিয়া

$MnSO_4 . 5H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর :

1. $(NH_4)_2S$ দ্রবণ : NH_4Cl-র উপস্থিতিতে ফেকাশে লাল সোদক MnS অধঃক্ষেপ, লঘু অজৈব অ্যাসিড এবং CH_3COOH-এ (নিকেল, কোবাল্ট ও জিংক হতে পার্থক্য) সহজে দ্রবণীয়। NH_4Cl না মেশালে কলয়েডীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। বাতাসের সংস্পর্শে জারিত হয়ে অধঃক্ষেপ বাদামী রঙ ধারণ করে। অতিরিক্ত বিকারক দ্রবণ সহ ফোটালে ফেকাশে লাল সোদক অধঃক্ষেপ অপেক্ষাকৃত কম সোদক সবুজ সালফাইড অধঃক্ষেপে রূপান্তরিত হয়।

$$MnSO_4 + (NH_4)_2S = MnS\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

2. NH_4OH : NH_4Cl-র উপস্থিতিতে কোন অধঃক্ষেপণ হয় না, তবে NH_4Cl না মেশালে আংশিকভাবে $Mn(OH)_2$ অধঃক্ষেপণ হয়। বাতাসের

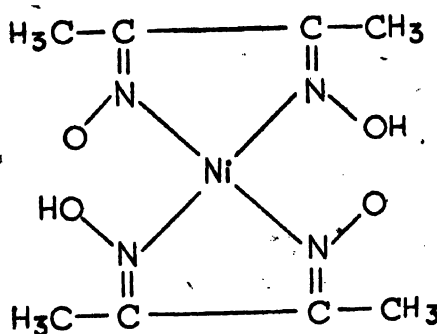
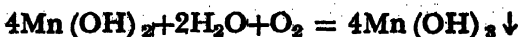
---

*

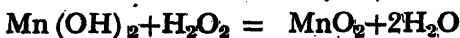
```
H3C—C ——————— C—CH3
    ||         ||
    N          N
  O´  \      /  `OH
        \  /
         Ni
        /  \
  HO   /    \   O
    `N        N´
     ||       ||
H3C—C ——————— C—CH3
```

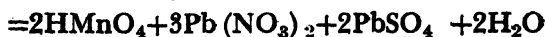
সংস্পর্শে বেশীক্ষণ থাকলে জারিত হয়ে বাদামী $Mn(OH)_3$ অথবা $MnO_2 \cdot xH_2O$ অধঃক্ষেপণ হয়।

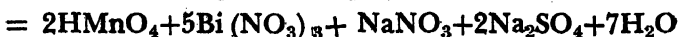
$$MnSO_4+2NH_4OH \leftrightharpoons Mn(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$$

$$4Mn(OH)_2+2H_2O+O_2 = 4Mn(OH)_3\downarrow$$

3. NaOH দ্রবণ: সাদা $Mn(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়। বাতাসের সংস্পর্শে দ্রুত জারিত হয়ে $Mn(OH)_3$ অথবা $MnO_2 \cdot xH_2O$ অধঃক্ষেপণ হয়। কয়েক ফোঁটা H_2O_2 যোগ করলে দ্রুত জারিত হয়ে সোদক MnO_2 অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$MnSO_4+2NaOH = Mn(OH)_2\downarrow+Na_2SO_4$$

$$Mn(OH)_2+H_2O_2 = MnO_2+2H_2O$$

4. PbO_2 + গাঢ় HNO_3: ক্লোরাইড মুক্ত ম্যাঙ্গানাস লবণ লেডডাই-অক্সাইড ও গাঢ় HNO_3 মিশিয়ে ফোটাবার পর অল্প জল মিশিয়ে লঘু কর এবং অবশেষ থিতান পর্যন্ত অপেক্ষা কর। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ $HMnO_4$ (বেগুনী) রঙের দেখাবে। ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে $HMnO_4$ বিযোজিত হয়ে যায়।

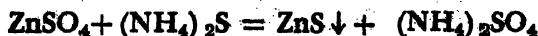
$$5PbO_2+2MnSO_4+6HNO_3$$
$$=2HMnO_4+3Pb(NO_3)_2+2PbSO_4+2H_2O$$

5. সোডিয়াম বিসমুথেট, $NaBiO_3$: লঘু HNO_3 অথবা H_2SO_4-এ ক্লোরাইড মুক্ত ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণ তৈরী করে ঠাণ্ডা কর, তারপর কঠিন $NaBiO_3$ কিছুটা মিশিয়ে নাড় এবং অবশেষ থিতান পর্যন্ত অপেক্ষা কর অথবা কাচের পশম (glass wool) দ্বারা ছাঁক। $HMnO_4$-র বেগুনী দ্রবণ পাওয়া যাবে।

$$5NaBiO_3+2MnSO_4+16HNO_3$$
$$= 2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O$$

8, 60. Zn^{2+}, জিংক আয়নের বিক্রিয়া

$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

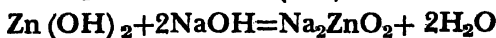
1. $(NH_4)_2S$ দ্রবণ: প্রশম ও ক্ষারীয় দ্রবণে সাদা ZnS অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারক ও লঘু CH_3COOH-এ অদ্রবণীয়, কিন্তু লঘু অজৈব অ্যাসিডে দ্রবণীয়। সাধারণভাবে প্রাপ্ত ZnS অধঃক্ষেপ আংশিকভাবে কলয়েডীয় প্রকৃতির হওয়ায় ছাঁকনের সময় অসুবিধা হয়। অতিরিক্ত

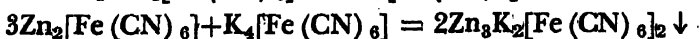
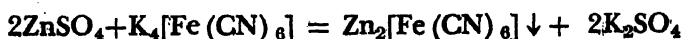
NH_4Cl মিশিয়ে উত্তপ্ত অবস্থায় ZnS অধঃক্ষেপণ হলে এবং NH_4Cl (1%) মেশান $(NH_4)_2S$-জল দ্বারা ধুয়ে নিলে এই অসুবিধা দূর হয়।

$$ZnSO_4 + (NH_4)_2S = ZnS\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

2. NH_4OH : সাদা আঠাল $Zn(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অ্যামোনিয়াম লবণের উপস্থিতিতে (সাধারণ আয়ন প্রভাব) এবং অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হয় (জটিল লবণ উৎপন্ন হয়)।

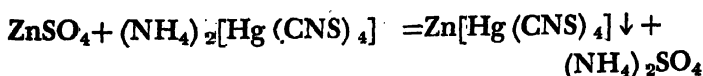
$$ZnSO_4 + 2NH_4OH \rightleftharpoons Zn(OH)_2\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2 + 4NH_4OH \rightleftharpoons [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

3. NaOH দ্রবণ : সাদা আঠাল $Zn(OH)_2$ অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে সহজে দ্রবীভূত হয়ে সোডিয়াম জিংকেট Na_2ZnO_2 (ম্যাঙ্গানীজ হতে পার্থক্য) উৎপন্ন করে। $Zn(OH)_2$ অধঃক্ষেপ লঘু অ্যাসিডে (1N-HCl) দ্রবণীয়।

$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

4. $K_4Fe(CN)_6$ দ্রবণ: প্রথমে সাদা জিংক ফেরোসায়ানাইড $Zn_2[Fe(CN)_6]$ অধঃক্ষেপণ হয়; অতিরিক্ত বিকারকে আরও কম দ্রবণীয় জিংক পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড পাওয়া যায়।

$$2ZnSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] = Zn_2[Fe(CN)_6]\downarrow + 2K_2SO_4$$
$$3Zn_2[Fe(CN)_6] + K_4[Fe(CN)_6] = 2Zn_3K_2[Fe(CN)_6]_2\downarrow$$

5. অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেট+কপার সালফেট : মৃদু অ্যাসিডীয় দ্রবণ (H_2SO_4 অথবা CH_3COOH) নাও, কয়েক ফোঁটা 0·1% $CuSO_4$ দ্রবণ ও তারপর 2 মি.লি. অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেট দ্রবণ মেশাও। বেগুনী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেটের সাথে কপার লবণ একা থাকলে কোন অধঃক্ষেপ দেয় না, কিন্তু জিংক লবণ একা থাকলে সাদা জিংক মারকিউরি-থায়োসায়ানেট অধঃক্ষেপ দেয়।

$$ZnSO_4 + (NH_4)_2[Hg(CNS)_4] = Zn[Hg(CNS)_4]\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

কপার আয়নের উপস্থিতিতে জটিল কপার লবণের সহ-অধঃক্ষেপণ হয় এবং বেগুনী রঙের মিশ্রিত কেলাস $Zn[Hg(CNS)_4] + Cu[Hg(CNS)_4]$ পাওয়া যায়।

সূক্ষ্ম পরীক্ষাঃ মৃদু অ্যাসিডীয় 2 ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ স্পট প্লেটে নাও, 1 ফোঁটা 0·1% $CuSO_4$ দ্রবণ ও 1 ফোঁটা অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেট দ্রবণ মেশাও। বেগুনী অধঃক্ষেপ।

এই পরীক্ষা ছোট পরীক্ষা-নলে করা যায়। এক্ষেত্রে 1 মি.লি. অ্যামাইল অ্যালকোহল মিশিয়ে নাড়া হয়। বেগুনী অধঃক্ষেপ মধ্যতলে (interface) জমা হয়।

গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 10,000

অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেটঃ 8 গ্রাম $HgCl_2$ এবং 9 গ্রাম NH_4CNS 100 মি.লি. জলে দ্রবীভূত করা হয়।

মন্তব্যঃ আয়রন লবণ বিঘ্ন ঘটায় (লাল রঙের $Fe(CNS)^{2+}$ আয়ন উৎপন্ন হয়), কিন্তু NH_4F যোগ করলে (বর্ণহীন $[FeF_6]^{3-}$ আয়ন উৎপন্ন হয়) বিঘ্ন ঘটার সম্ভাবনা থাকে না।

6. অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেট + কোবাল্ট সালফেটঃ এই পরীক্ষা 5নং পরীক্ষার মত একই প্রকার, কেবল কপার সালফেট দ্রবণের পরিবর্তে কোবাল্ট সালফেট দ্রবণ (0·02%) ব্যবহার করা হয়; জটিল কোবাল্ট লবণের সহ-অধঃক্ষেপণ হয় এবং নীল রঙের মিশ্রিত কেলাস $Zn[Hg(CNS)_4] + Co[Hg(CNS)_4]$ পাওয়া যায়।

সূক্ষ্ম পরীক্ষাঃ 2 ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ (লঘু H_2SO_4 দ্বারা মৃদু অ্যাসিডীয়) ছোট মুচিতে নাও, 1 ফোঁটা 0·02% $CoSO_4$ দ্রবণ ও 1 ফোঁটা অ্যামোনিয়াম মারকিউরি-থায়োসায়ানেট দ্রবণ মেশাও। নীল অধঃক্ষেপ।

1 মি.লি. অ্যামাইল অ্যালকোহল মিশিয়ে ছোট পরীক্ষা-নলে এই পরীক্ষা করা চলে।

8, 24. সারণী (ঊন-পরিমাণ): জিংক শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

এই অধঃক্ষেপের (1)* মধ্যে থাকতে পারে CoS, NiS, MnS এবং ZnS। H_2S-জল মেশান 1% NH_4Cl দ্রবণ দিয়ে অধঃক্ষেপ দুবার ধুয়ে নাও। 2 মি.লি. ঠাণ্ডা 1N-HCl (2) মিশিয়ে 2 মিনিট অধঃক্ষেপ নাড়, তারপর অপকেন্দ্রণ কর।

* অধঃক্ষেপ যদি কাল না হয়, Ni এবং Co থাকবে না।

অধঃক্ষেপ: কাল, CoS এবং NiS থাকতে পারে। কোবাল্টের জন্য সোহাগা গুটিকা পরীক্ষা কর এবং নিকেলের জন্য ডাইমিথাইলগ্লাইঅক্সাইম বিকারক মিশিয়ে সূক্ষ্ম পরীক্ষা কর। ৪, 23 সারণী দেখ	**স্বচ্ছ দ্রবণ:** $MnCl_2$ ও $ZnCl_2$ থাকতে পারে (লেশ পরিমাণ $CoCl_2$ এবং $NiCl_2$ থাকতে পারে)। ছোট মুচিতে অথবা শক্ত পরীক্ষা নলে দ্রবণ নাও, ফুটিয়ে H_2S দূর কর [$Pb(CH_3COO)_2$-কাগজ দ্বারা পরীক্ষা কর], ঠাণ্ডা কর, সেণ্ট্রিফিউজ নলে দ্রবণ নাও, অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ (3) (1-2 মি.লি.) মিশিয়ে নাড়। অপকেন্দ্রণ কর।	
	অধঃক্ষেপ: $Mn(OH)_2$ এবং $MnO_2 \cdot xH_2O$ থাকতে পারে [লেশ পরিমাণ $CO(OH)_3+Ni(OH)_2$]। ৪, 23 সারণী অনুযায়ী ম্যাঙ্গানীজের পরীক্ষা কর।	**স্বচ্ছ দ্রবণ:** Na_2ZnO_2 থাকতে পারে। ৪, 23 সারণী অনুযায়ী জিংকের পরীক্ষা কর।

মন্তব্য: (1), (2) এবং (3)-র জন্য ৪, 23 সারণীর মন্তব্য (1), (2) এবং (3) দেখ।

৪, 25. সারণী: ক্যালসিয়াম শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

এই অধঃক্ষেপের মধ্যে থাকতে পারে $BaCO_3$, $SrCO_3$ এবং $CaCO_3$(1)। ছাঁকন কাগজের উপরেই 5 মি.লি. উষ্ণ 2N-CH_3COOH বারংবার ঢেলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত (2) কর। ঐ দ্রবণের কিছু অংশ উষ্ণ অবস্থায় নিয়ে K_2CrO_4 দ্রবণ মিশিয়ে পরীক্ষা করে দেখ। হলুদ অধঃক্ষেপ (3) পাওয়া গেলে বুঝতে হবে **বেরিয়াম আছে।**

যদি বেরিয়াম থাকে, তাহলে বাকী অংশের মধ্যেও K_2CrO_4 দ্রবণ মেশাতে হবে। উভয় অংশ একসাথে নিয়ে উত্তপ্ত করে ফোটাও, তারপর ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে K_2CrO_4 দ্রবণ মেশাও যতক্ষণ পর্যন্ত না সমগ্র দ্রবণটি সামান্য হলুদ বর্ণের হয়। ছাঁক। অধঃক্ষেপ জল দিয়ে ধুয়ে নাও।

অধঃক্ষেপঃ হলুদ, $BaCrO_4$ অধঃক্ষেপ নিয়ে শিখা পরীক্ষা (flame test) কর। পীতাভ-সবুজ শিখা।
বেরিয়াম আছে।

পরিস্রুতঃ Sr^{2+} এবং Ca^{2+} আয়ন থাকতে পারে। 1 মি.লি. NH_4OH ও অতিরিক্ত $(NH_4)CO_3$ দ্রবণ মেশাও। সাদা অধঃক্ষেপ। $SrCO_3$ এবং/অথবা $CaCO_3$ থাকতে পারে। জল দিয়ে ধুয়ে নাও এবং 5 মি.লি. উষ্ণ 2N-CH_3COOH মিশিয়ে দ্রবীভূত কর। ফুটিয়ে অতিরিক্ত CO_2 তাড়িয়ে দাও।

যদি বেরিয়াম না থাকে তাহলে K_2CrO_4 না মিশিয়ে সরাসরি এখান থেকে আরম্ভ কর।

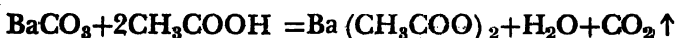
4 মি.লি. সম্পৃক্ত $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণ মেশাও (4) এবং জলগাহে 5 মিনিট গরম কর। ছাঁক।

অধঃক্ষেপঃ সাদা $SrSO_4$ অধঃক্ষেপ নিয়ে শিখা পরীক্ষা কর। স্থির ঘোর লাল শিখা।
স্ট্রনসিয়াম আছে।

পরিস্রুতঃ Ca^{2+} আয়ন থাকতে পারে। $(NH_4)_2C_2O_4$ দ্রবণ মেশাও (5) এবং জলগাহে গরম কর। সাদা CaC_2O_4 অধঃক্ষেপ।
ক্যালসিয়াম আছে।
শিখা পরীক্ষা দ্বারা পুনরায় প্রমাণিত কর।

মন্তব্যঃ (1) NH_4Cl-র উপস্থিতিতে $MgCO_3$ অথবা $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয় না, কারণ এদের দ্রাব্যতা গুণফল ($S_{MgCO_3} = 1 \times 10^{-5}$, $S_{Mg(OH)_2} = 3{\cdot}4 \times 10^{-11}$) বেশী। $BaCO_3$ ($S_{BaCO_3} = 8{\cdot}1 \times 10^{-9}$) $SrCO_3$ ($S_{SrCO_3} = 1{\cdot}6 \times 10^{-9}$) এবং $CaCO_3$ ($S_{CaCO_3} = 4{\cdot}8 \times 10^{-9}$) অধঃক্ষিপ্ত হয়, কারণ এদের দ্রাব্যতা গুণফল কম।

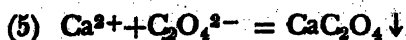
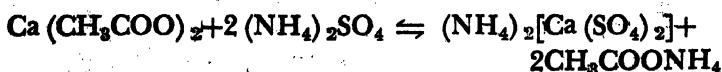
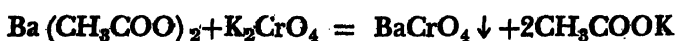
(2) অধঃক্ষিপ্ত কার্বনেটগুলি লঘু CH_3COOH-এ দ্রবণীয়ঃ

$$BaCO_3 + 2CH_3COOH = Ba(CH_3COO)_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

(3) কেবলমাত্র $BaCrO_4$ ($S_{BaCrO_4} = 1{\cdot}6 \times 10^{-10}$) লঘু CH_3COOH-এ অদ্রবণী।

$$Ba(CH_3COO)_2 + K_2CrO_4 = BaCrO_4\downarrow + 2CH_3COOK$$

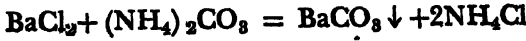
(4) $$Sr(CH_3COO)_2 + (NH_4)_2SO_4 = SrSO_4\downarrow + 2CH_3COONH_4$$

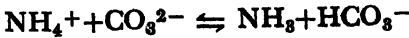
$$Ca(CH_3COO)_2 + 2(NH_4)_2SO_4 \leftrightharpoons (NH_4)_2[Ca(SO_4)_2] + 2CH_3COONH_4$$

(5) $$Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} = CaC_2O_4\downarrow$$

8, 61. Ba^{2+}, বেরিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

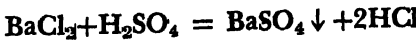
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর ঃ

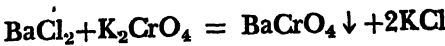
1. $(NH_4)_2CO_3$ **দ্রবণ ঃ** সাদা $BaCO_3$ অধঃক্ষেপ, CH_3COOH ও লঘু অজৈব অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

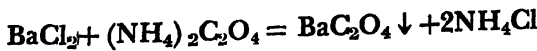
$$BaCl_2 + (NH_4)_2CO_3 = BaCO_3 \downarrow + 2NH_4Cl$$

অতিরিক্ত NH_4Cl-র উপস্থিতিতে তীব্র অ্যাসিড NH_4^+ ক্ষারক CO_3^{2-}-র সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে বাইকার্বনেট আয়ন HCO_3^- উৎপন্ন করে এবং সেজন্য দ্রবণে কার্বনেট আয়নের গাঢ়ত্ব কমে যায় ঃ

$$NH_4^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons NH_3 + HCO_3^-$$
$$NH_4^+ + BaCO_3 \rightleftharpoons NH_3 + HCO_3^- + Ba^{2+}$$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, অতিরিক্ত NH_4Cl-র উপস্থিতিতে কিছুটা $BaCO_3$ দ্রবীভূত হয়ে যায়।

2. **লঘু** H_2SO_4 **ঃ** সাদা ভারী $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ, $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণ ও লঘু অজৈব অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$$

3. K_2CrO_4 **দ্রবণ ঃ** হলুদ $BaCrO_4$ অধঃক্ষেপ, লঘু CH_3COOH-এ অদ্রবণীয় (স্ট্রনসিয়াম ও ক্যালসিয়াম হতে পার্থক্য), অজৈব অ্যাসিডে সহজে দ্রবণীয়।

$$BaCl_2 + K_2CrO_4 = BaCrO_4 \downarrow + 2KCl$$

4. $(NH_4)_2C_2O_4$ **দ্রবণ ঃ** সাদা BaC_2O_4 অধঃক্ষেপ, অজৈব অ্যাসিড এবং উষ্ণ ও লঘু CH_3COOH দ্বারা সহজে দ্রবীভূত হয় (ক্যালসিয়াম হতে পার্থক্য)।

$$BaCl_2 + (NH_4)_2C_2O_4 = BaC_2O_4 \downarrow + 2NH_4Cl$$

5. **সোডিয়াম রোডিজোনেট বিকারক,** $\left(\begin{array}{l} CO-CO-C.ONa \\ \,| \qquad\qquad\quad \| \\ CO-CO-C.ONa \end{array}\right)$:

বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে এক ফোঁটা প্রশম পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, এবং এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ কর। লালাভ-বাদামী বিন্দু পাওয়া যাবে। দু ফোঁটা 0·5N-HCl ঐ বিন্দুর উপর দাও। উজ্জ্বল লাল রঙে রূপান্তরিত হবে (স্ট্রনসিয়াম হতে পার্থক্য)।

সুবেদিতা—0·25 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 200,000

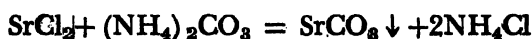
বিকারক দ্রবণঃ 0·5% জলীয় দ্রবণ। দ্রবণ বেশীক্ষণ থাকলে বিযোজিত হয়ে যায়। সেজন্য প্রতিদিন অল্প পরিমাণ দ্রবণ তৈরী করে নেওয়া উচিত।

মন্তব্যঃ প্রশম অবস্থায় রোডিজোনিক অ্যাসিডের বেরিয়াম লবণ (লালাভ-বাদামী) অধঃক্ষিপ্ত হয়। ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম লবণ বিঘ্ন ঘটায় না। স্ট্রনসিয়াম লবণ বেরিয়াম লবণের অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটায়, কিন্তু 0·5N-HCl দ্বারা স্ট্রনসিয়াম লবণের লালাভ-বাদামী রঙ অদৃশ্য হয়। অনেক ধাতব আয়ন বিঘ্ন ঘটায়, সেজন্য শ্রেণীগতভাবে পৃথকীকরণের পর এই বিকারক ব্যবহার করা উচিত।

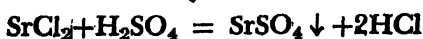
8, 62 Sr^{2+}, স্ট্রনসিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

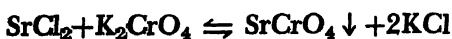
$SrCl_2 \cdot 6H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার করঃ

1. **$(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণঃ** সাদা $SrCO_3$ অধঃক্ষেপ, CH_3COOH ও লঘু অজৈব অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

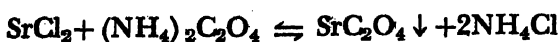
$$SrCl_2 + (NH_4)_2CO_3 = SrCO_3 \downarrow + 2NH_4Cl$$

অতিরিক্ত NH_4Cl-র উপস্থিতিতে কিছুটা $SrCO_3$ দ্রবীভূত হয়ে যায় (8, 61 পরিচ্ছেদ 1নং বিক্রিয়া দেখ)।

2. **লঘু H_2SO_4ঃ** সাদা $SrSO_4$ অধঃক্ষেপ, $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণ ও লঘু অজৈব অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

$$SrCl_2 + H_2SO_4 = SrSO_4 \downarrow + 2HCl$$

3. **K_2CrO_4 দ্রবণঃ** স্ট্রনসিয়াম লবণের গাঢ় দ্রবণ হতে হলুদ $SrCrO_4$ অধঃক্ষেপ, CH_3COOH-এ দ্রবণীয় (Ba হতে পার্থক্য)।

$$SrCl_2 + K_2CrO_4 \rightleftharpoons SrCrO_4 \downarrow + 2KCl$$

4. **$(NH_4)_2C_2O_4$ দ্রবণঃ** সাদা SrC_2O_4 অধঃক্ষেপ, অজৈব অ্যাসিডে সম্পূর্ণ দ্রবণীয়, কিন্তু CH_3COOH-এ সামান্য দ্রবণীয় (sparingly soluble)।

ঘফব্রফব্রফব্রব্রফব্রফ

$$SrCl_2 + (NH_4)_2C_2O_4 \rightleftharpoons SrC_2O_4 \downarrow + 2NH_4Cl$$

5. **সোডিয়াম রোডিজোনেট বিকারক** (8, 61 পরিচ্ছেদ 5নং বিক্রিয়া দেখ)ঃ বেরিয়ামের উপস্থিতিতে নিম্নলিখিতভাবে পরীক্ষা করঃ কিছু ছাঁকন কাগজ সম্পৃক্ত K_2CrO_4 দ্রবণে সিক্ত করে শুকিয়ে নাও। এরূপ একটা কাগজে এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও এবং এক মিনিট বাদে এক

ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ কর। লালাভ-বাদামী রঙের বলয় তৈরী হবে। বেরিয়াম না থাকলে, বিন্দু বিক্রিয়া কাগজে এক ফোঁটা প্রশম দ্রবণ নাও এবং এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ যোগ কর। লালাভ-বাদামী বিন্দু পাওয়া যাবে।

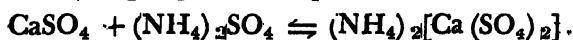
সুবেদিতা—4 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—I : 13,000

8, 63 Ca^{2+}, ক্যালসিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

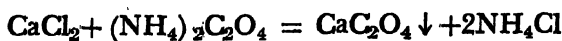
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

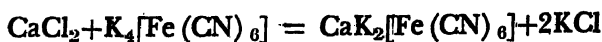
1. **$(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ:** সাদা $CaCO_3$ অধঃক্ষেপ (Ba^{2+} এবং Sr^{2+} আয়নের মত একই প্রকার বিক্রিয়া ঘটে।

2. **লঘু H_2SO_4:** গাঢ় দ্রবণ হতে সাদা $CaSO_4$ অধঃক্ষেপ, জলে বেশ কিছুটা দ্রবণীয় (2 গ্রাম/লিটার, 25° সে.) এবং $(NH_4)_2SO_4$-র সাথে জটিল লবণ $(NH_4)_2[Ca(SO_4)_2]$ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়। (স্ট্রনসিয়াম হতে পার্থক্য)

$$CaCl_2 + H_2SO_4 \rightleftharpoons CaSO_4 \downarrow + 2HCl$$
$$CaSO_4 + (NH_4)_2SO_4 \rightleftharpoons (NH_4)_2[Ca(SO_4)_2].$$

3. **K_2CrO_4 দ্রবণ:** কোন অধঃক্ষেপণ হয় না। (বেরিয়াম ও স্ট্রনসিয়াম হতে পার্থক্য)

4. **$(NH_4)_2C_2O_4$ দ্রবণ:** লঘু দ্রবণ হতে ধীরে ধীরে সাদা $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ অধঃক্ষেপ, অজৈব অ্যাসিডে দ্রবণীয়, কিন্তু CH_3COOH-এ অদ্রবণীয় (Ba হতে পার্থক্য)।

$$CaCl_2 + (NH_4)_2C_2O_4 = CaC_2O_4 \downarrow + 2NH_4Cl$$

5. **$K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণ:** অতিরিক্ত বিকারকে সাদা $CaK_2[Fe(CN)_6]$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। NH_4Cl-র উপস্থিতিতে এই অধঃক্ষেপণ আরও সহজে হয়।

$$CaCl_2 + K_4[Fe(CN)_6] = CaK_2[Fe(CN)_6] + 2KCl$$

অধিক পরিমাণে Ba এবং Mg লবণ থাকলে একই প্রকার অধঃক্ষেপণ হতে পারে।

8, 26 সারণী (উন-পরিমাণ): ক্যালসিয়াম শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

এই অধঃক্ষেপের মধ্যে থাকতে পারে $BaCO_3$, $SrCO_3$ এবং $CaCO_3$(1)।

গরম জল দিয়ে অধঃক্ষেপ একবার ধুয়ে নাও। 1 মি.লি. লঘু CH_3COOH মিশিয়ে জলগাহে গরম কর যতক্ষণ পর্যন্ত না অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয় (2)। ঐ গরম দ্রবণ কয়েক ফোঁটা নাও এবং K_2CrO_4 দ্রবণ দু-ফোঁটা যোগ কর। হলুদ অধঃক্ষেপ (3) পাওয়া গেলে বুঝতে হবে বেরিয়াম আছে।

যদি বেরিয়াম থাকে, তাহলে সমগ্র দ্রবণের মধ্যেই গরম অবস্থায় K_2CrO_4 দ্রবণ যোগ কর যতক্ষণ পর্যন্ত না সমগ্র দ্রবণটি সামান্য হলুদ বর্ণের হয়। অপকেন্দ্রণ কর।

<table>
<tr>
<td rowspan="2">অধঃক্ষেপঃ হলুদ $BaCrO_4$।

গরম জল দিয়ে ধুয়ে নাও। গাঢ় HCl দ্বারা দ্রবীভূত কর, উত্তপ্ত করে শুষ্ক কর, তারপর শিখা পরীক্ষা কর, পীতাভ-সবুজ শিখা।

বেরিয়াম আছে</td>
<td colspan="2">স্বচ্ছ দ্রবণঃ Sr^{2+} এবং Ca^{2+} থাকতে পারে। 1 মি.লি. NH_4OH এবং অতিরিক্ত $(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ মেশাও। সাদা অধঃক্ষেপ। $SrCO_3$ এবং/অথবা $CaCO_3$ থাকতে পারে। অপকেন্দ্রণ কর, গরম জল দিয়ে ধুয়ে নাও, এবং 1 মি.লি. 2N-CH_3COOH মিশিয়ে জলগাহে গরম কর। অতিরিক্ত CO_2 তাড়িয়ে দাও। যদি বেরিয়াম না থাকে, তাহলে K_2CrO_4 না মিশিয়ে সরাসরি এখান থেকে আরম্ভ কর।
1 মি.লি. সম্পৃক্ত $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণ মেশাও (4), জলগাহে 5 মিনিট গরম কর, ঠাণ্ডা কর এবং অপকেন্দ্রণ কর।</td>
</tr>
<tr>
<td>অধঃক্ষেপঃ সাদা, $SrSO_4$।

গরম জল দিয়ে ধুয়ে নাও। শিখা পরীক্ষা কর। স্থির ঘোর লাল শিখা।

স্ট্রনসিয়াম আছে</td>
<td>স্বচ্ছ দ্রবণঃ Ca^{2+} থাকতে পারে। কয়েক ফোঁটা $(NH_4)_2C_2O_4$ দ্রবণ মেশাও (5) এবং জলগাহে গরম কর। সাদা CaC_2O_4 অধঃক্ষেপ।

ক্যালসিয়াম আছে</td>
</tr>
</table>

মন্তব্যঃ (1), (2), (3), (4) এবং (5)-র জন্য 8, 25 সারণীর মন্তব্য দেখ।

8, 27 সারণীঃ ক্ষারীয় শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

সাদা অবশেষের (8, 11 সারণী দেখ) মধ্যে থাকতে পারে Mg^{2+}, Na^+ এবং K^+। পাতিত জল দ্বারা দ্রবীভূত কর (1) ও চার ভাগে ভাগ করঃ

দুই-ভাগ নিয়ে Mg^{2+}-র জন্য পরীক্ষা কর।

(*i*) 1 মি.লি. দ্রবণ নাও, কিছু NH_4Cl ও NH_4OH মেশাও, তারপর $(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ এবং $(NH_4)_2C_2O_4$ (2) দ্রবণ কিছু মিশিয়ে ফোটাও। যদি কিছু অধঃক্ষেপণ হয় ছেঁকে নাও। এখন পরিস্রুতের মধ্যে Na_2HPO_4 দ্রবণ যোগ কর, ঝাঁকাও অথবা কাচদণ্ড দ্বারা ঘন ঘন নাড়। কিছুক্ষণ পর সাদা কেলাসযুক্ত অধঃক্ষেপণ হয় (3)।

ম্যাগনেসিয়াম আছে।

(*ii*) 1 মি.লি. দ্রবণ নাও, 0·5 মি.লি. টাইটান ইয়োলো (titan yellow) বিকারক (0·1%) এবং 0·5 মি.লি. 0·1N-NaOH দ্রবণ মেশাও। লাল অধঃক্ষেপ।

ম্যাগনেসিয়াম আছে।

অপর দুই ভাগ হতে এক ভাগ নিয়ে Na^+-র জন্য এবং অপর ভাগ K^+-র জন্য পরীক্ষা কর।

(*iii*) 1 মি.লি. দ্রবণ নাও, 2 মি.লি. জিংকইউরানিল অ্যাসিটেট দ্রবণ মেশাও এবং কাচদণ্ড দ্বারা নাড়। হলুদ কেলাসযুক্ত অধঃক্ষেপ (4)।

সোডিয়াম আছে।

পুনরায় শিখা পরীক্ষা দ্বারা সোডিয়ামের উপস্থিতি প্রমাণ কর।

(*iv*) 1 মি.লি. দ্রবণ নাও, কিছু সোডিয়াম কোবাল্টি নাইট্রাইট দ্রবণ এবং কয়েক ফোঁটা লঘু CH_3COOH মেশাও। প্রয়োজন হলে একটু গরম কর। হলুদ অধঃক্ষেপ (5)।

পটাসিয়াম আছে।

পুনরায় শিখা পরীক্ষা দ্বারা পটাসিয়ামের উপস্থিতি প্রমাণ কর।

অ্যামোনিয়াম লবণের উপস্থিতি আগেই পরীক্ষা করে দেখা হয়েছে।

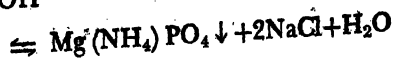
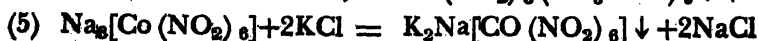
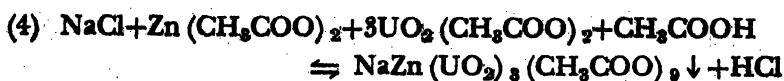
মন্তব্য: (1) HNO_3 মিশিয়ে উত্তপ্ত করার ফলে $Mg(NO_3)_2$ ভেঙে গিয়ে MgO উৎপন্ন হতে পারে। সেজন্য সাদা অবশেষ জলে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত না হলে ছেঁকে নিতে হবে। অবশেষ লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করে Mg-র জন্য পরীক্ষা করতে হবে।

(2) IV গ্রুপের আয়নগুলি কার্বনেট হিসাবে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত না হলে Na_2HPO_4 দ্রবণ মিশিয়ে Mg-র জন্য পরীক্ষা করবার সময় ঐ আয়নগুলি ফসফেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হবে এবং ভুলের সৃষ্টি করবে। সেজন্য আর একবার $(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ ও $(NH_4)_2C_2O_4$ দ্রবণ একত্রে মিশিয়ে গরম করে নেওয়া প্রয়োজন। যদি IV গ্রুপের আয়ন থাকে তাহলে অধঃক্ষিপ্ত হবে এবং ছেঁকে পৃথক করা সম্ভব হবে।

(3) $MgCl_2+Na_2HPO_4+NH_4OH$

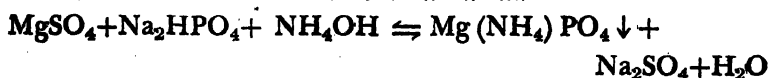
$$\rightleftharpoons Mg(NH_4)PO_4\downarrow+2NaCl+H_2O$$

(4) $NaCl+Zn(CH_3COO)_2+3UO_2(CH_3COO)_2+CH_3COOH$
$\rightleftharpoons NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9\downarrow+HCl$

(5) $Na_3[Co(NO_2)_6]+2KCl = K_2Na[CO(NO_2)_6]\downarrow+2NaCl$

8.64 Mg^{2+}, ম্যাগনেসিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

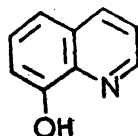
$MgSO_4\cdot7H_2O$ দ্রবণ ব্যবহার কর:

1. **Na_2HPO_4 দ্রবণ:** NH_4Cl ও NH_4OH-র উপস্থিতিতে ঠাণ্ডা লঘু দ্রবণ হতে ঝাঁকালে অথবা কাচদণ্ড দ্বারা নাড়লে ধীরে ধীরে সাদা কেলাসযুক্ত $Mg(NH_4)PO_4\cdot6H_2O$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$MgSO_4+Na_2HPO_4+NH_4OH \rightleftharpoons Mg(NH_4)PO_4\downarrow+$
$Na_2SO_4+H_2O$

2. **NH_4OH:** আঠাল সাদা $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষেপ (আংশিক), অ্যামোনিয়াম লবণের উপস্থিতিতে দ্রবীভূত হয় (সাধারণ আয়ন প্রভাব)।

$$MgSO_4+2NH_4OH \rightleftharpoons Mg(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$$

3. **$(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ:** NH_4Cl-র উপস্থিতিতে কোন অধঃক্ষেপণ হয় না (সাধারণ আয়ন প্রভাব)। NH_4Cl মেশান না থাকলে ক্ষারকীয় ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপণ হয়।

4. **8-হাইড্রোক্সিকুইনোলীন অথবা অক্সিন বিকারক,**

1 মি.লি. দ্রবণ নাও, কিছু NH_4Cl মেশাও, তারপর 2 মি.লি. বিকারক দ্রবণ ও 4 মি.লি. লঘু NH_4OH যোগ করে ফোটাও। হলুদ রঙের জটিল লবণ, $Mg(C_9H_6NO)_2\cdot4H_2O$ অধঃক্ষিপ্ত হবে। Na এবং K ছাড়া অন্যান্য ধাতব আয়নমুক্ত দ্রবণ নিয়ে পরীক্ষা করা প্রয়োজন।

বিকারক দ্রবণ: 2 গ্রাম বিকারক 100 মি.লি. $2N$-CH_3COOH দ্বারা দ্রবীভূত কর।

5. **টাইটান ইয়েলো (Titan yellow) বিকারক:** স্পট প্লেটে এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ নাও, এক ফোঁটা বিকারক দ্রবণ ও এক ফোঁটা 0·1N-NaOH দ্রবণ যোগ কর। লাল রঙ অথবা অধঃক্ষেপ।

সুবেদিতা—1·5 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 33,000

বিকারক দ্রবণ: 0·1% জলীয় দ্রবণ।

মন্তব্য : $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষেপের উপরিতলে শোষিত হয়ে এই রঞ্জকের উপাদান অধঃক্ষেপকে গাঢ় লাল রঙে রঞ্জিত করে। I হতে III B গ্রুপের ধাতব আয়নগুলির পৃথকীকরণ প্রয়োজন।

8,65 Na^+, সোডিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

NaCl দ্রবণ ব্যবহার কর :

1. **জিংক ইউরানিল অ্যাসিটেট বিকারক** (Zinc Uranyl Acetate) : 1 মি.লি. দ্রবণ নাও, 2-4 মি.লি. বিকারক দ্রবণ যোগ কর এবং কাচদণ্ড দ্বারা নাড়। হলুদ কেলাসযুক্ত সোডিয়াম জিংক ইউরানিল অ্যাসিটেট $NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9 \cdot 9H_2O$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। পটাসিয়াম বেশী পরিমাণ থাকলে এই ধরনের অধঃক্ষেপণ হয়। Cu, Hg, Cd, Al, Co, Ni, Mn, Zn, Ca, Ba, Sn এবং অ্যামোনিয়াম >5 গ্রাম/লিটার থাকলে বিক্রিয়ার সুবেদিতা কমে যায়।

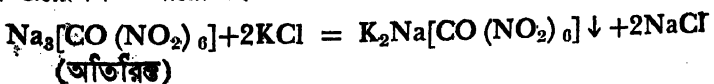
বিকারক দ্রবণ : 10 গ্রাম ইউরানিল অ্যাসিটেট নিয়ে 6 গ্রাম 30% CH_3COOH দ্বারা দ্রবীভূত কর এবং জল মিশিয়ে 50 মি.লি. কর ('ক' দ্রবণ)। আলাদা পাত্রে 30 গ্রাম জিংক অ্যাসিটেট নাও এবং 3 গ্রাম 30% CH_3COOH মিশিয়ে দ্রবীভূত কর, তারপর জল মিশিয়ে 50 মি.লি. কর ('খ' দ্রবণ)। 'ক' ও 'খ' দ্রবণ মেশাও এবং সামান্য কিছু NaCl যোগ কর। 24 ঘণ্টা অপেক্ষা করার পর অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম জিংক ইউরানিল অ্যাসিটেট ছেঁকে নাও। পরিস্রুৎটি বিকারক দ্রবণ।

অথবা, জিংক ইউরানিল অ্যাসিটেট প্রয়োজন মত জলে অথবা N-CH_3COOH-এ দ্রবীভূত কর।

8,66 K^+, পটাসিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

KCl দ্রবণ ব্যবহার কর :

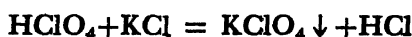
1. **সোডিয়াম কোবাল্টি নাইট্রাইট দ্রবণ** (Sodium Cobaltinitrite) : 1 মি.লি. দ্রবণ নাও, কিছু বিকারক দ্রবণ এবং কয়েক ফোঁটা লঘু CH_3COOH মেশাও। প্রয়োজন হলে গরম কর। পটাসিয়াম দ্রবণ গাঢ় হলে তাড়াতাড়ি, লঘু হলে ধীরে ধীরে হলুদ অধঃক্ষেপণ হয়। অ্যামোনিয়াম লবণ অনুরূপ অধঃক্ষেপ দেয়, সুতরাং উপস্থিত থাকলে সম্পূর্ণরূপে অপসারণ প্রয়োজন। আয়োডাইড ও অন্যান্য বিজারক বিঘ্ন ঘটায়।

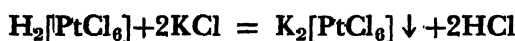
$$\underset{\text{(অতিরিক্ত)}}{Na_3[CO(NO_2)_6]} + 2KCl = K_2Na[CO(NO_2)_6] \downarrow + 2NaCl$$

সূক্ষ্ম পরীক্ষাঃ এক ফোঁটা প্রশম দ্রবণ নাও, এক ফোঁটা লঘু CH_3COOH যোগ কর, তারপর এক ফোঁটা $AgNO_3$ দ্রবণ (0·05%) এবং 4-5 ফোঁটা সম্পৃক্ত বিকারক দ্রবণ মেশাও। হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ অথবা ঘোলাটে দ্রবণ।

সুবেদিতা—1 মাইক্রোগ্রাম। গাঢ়ত্ব সীমা—1 : 50,000

বিকারক দ্রবণঃ সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ।

2. **$HClO_4$ দ্রবণ (3N)ঃ** সাদা কেলাসযুক্ত $KClO_4$ অধঃক্ষেপ। পটাসিয়াম দ্রবণ অতি লঘু হলে অধঃক্ষেপণ হয় না।

$$HClO_4+KCl = KClO_4\downarrow+HCl$$

3. **ক্লোরোপ্লাটিনিক অ্যাসিড দ্রবণ $H_2[PtCl_6]$ঃ** গাঢ় দ্রবণ হতে হলুদ কেলাসযুক্ত $K_2[PtCl_6]$ অধঃক্ষেপ। লঘু দ্রবণ হতে অধঃক্ষেপণ হতে দেরী হয় এবং ঠাণ্ডা করে কাচদণ্ড দ্বারা ক্রমাগত নাড়তে হয়। অ্যামোনিয়াম লবণ অনুরূপ অধঃক্ষেপ দেয়।

$$H_2[PtCl_6]+2KCl = K_2[PtCl_6]\downarrow+2HCl$$

বিকারক দ্রবণঃ 10 মি.লি. জলে 2·7 গ্রাম $H_2[PtCl_6], 6H_2O$ দ্রবীভূত করা হয়।

8, 67 NH_4^+, অ্যামোনিয়াম আয়নের বিক্রিয়া

NH_4Cl দ্রবণ ব্যবহার করঃ

1. **$NaOH$ দ্রবণঃ** গরম করলে NH_3 গ্যাস নির্গত হয়। NH_3 গ্যাস (ক) গন্ধ শুঁকে বোঝা যায়; (খ) ভিজা লাল লিটমাস কাগজকে নীল করে; (গ) $Hg_2(NO_3)_2$-কাগজকে কাল করে, ইত্যাদি।

$$NH_4Cl+NaOH = NH_3\uparrow+H_2O+NaCl$$
$$Hg_2(NO_3)_2+2NH_3 = \underbrace{Hg(NH_2)NO_3\downarrow+Hg\downarrow}_{\text{(কাল)}}+NH_4NO_3$$

2. **নেসলারের বিকারক (Nessler's Reagent) :** এক ফোঁটা পরীক্ষণীয় দ্রবণ স্পট প্লেটে নাও, এক ফোঁটা $NaOH$ দ্রবণ এবং 2 ফোঁটা বিকারক দ্রবণ মেশাও। বাদামী দ্রবণ অথবা অধঃক্ষেপ। বিন্দু বিক্রিয়া কাগজেও এই পরীক্ষা করা চলে।

সুবেদিতা—0·3 মাইক্রোগ্রাম NH_3।

বিকারক দ্রবণঃ 10 গ্রাম KI নিয়ে 10 মি.লি. অ্যামোনিয়া মুক্ত জলে

দ্রবীভূত কর। তারপর $HgCl_2$-র সম্পৃক্ত দ্রবণ (60 গ্রাম/লিটার) নাড়তে নাড়তে ঢাল (অল্প পরিমাণ এক একবারে) যতক্ষণ পর্যন্ত না সামান্য স্থায়ী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এখন ঐ মিশ্রণে 80 মি.লি. 9N-KOH দ্রবণ যোগ কর এবং সমগ্র দ্রবণটির আয়তন জল মিশিয়ে 200 মি.লি. কর। একরাত্রি অপেক্ষা করার পর উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ ঢেলে নাও এবং বিকারক দ্রবণ হিসাবে কাজে লাগাও।

সুতরাং নেসলার বিকারক দ্রবণ বলতে বোঝায় পটাসিয়াম মারকিউরি আয়োডাইডের $K_2[HgI_4]$ ক্ষারীয় দ্রবণ।

মন্তব্য: NH_3-র পরিমাণ অনুসারে হলুদ দ্রবণ, অথবা বাদামী দ্রবণ অথবা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ক্ষারীয় ধাতু ছাড়া অন্যান্য ধাতুর উপস্থিতি বিঘ্ন ঘটায়, সুতরাং তাদের অপসারণ প্রয়োজন। উপরের 1নং পরীক্ষার দ্বারা NH_3 পৃথক করে নেওয়ার পর 2নং পরীক্ষা করা বাঞ্ছনীয়।

8, 28 সারণী (উন-পরিমাণ): ক্ষারকীয় শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলির বিশ্লেষণ

সাদা অবশেষের মধ্যে থাকতে পারে Mg^{2+}, Na^+ এবং K^+। পাতিত জল দ্বারা দ্রবীভূত কর (1) ও চার ভাগে ভাগ কর:

দু-ভাগ নিয়ে Mg^{2+}-র জন্য পরীক্ষা কর।	অপর দুই ভাগ হতে এক ভাগ নিয়ে Na^+-র জন্য এবং অপর ভাগ K^+-র জন্য পরীক্ষা কর।
(i) 0·5 মি.লি. দ্রবণে কয়েক ফোঁটা NH_4Cl দ্রবণ যোগ কর, তারপর 0·25 মি.লি. অক্সিন বিকারক দ্রবণ ও 1 মি.লি. 2·5N-NH_4OH মিশিয়ে জলগাহে গরম কর। ফিকে হলুদ অধঃক্ষেপ। **ম্যাগনেসিয়াম আছে** (ii) কয়েক ফোঁটা দ্রবণ নাও, 2 ফোঁটা টাইটান ইয়োলো বিকারক এবং 2 ফোঁটা 0·1N-NaOH দ্রবণ মেশাও। লাল অধঃক্ষেপ। **ম্যাগনেসিয়াম আছে**	8, 27 সারণী অনুযায়ী কর।

মন্তব্য: (1)-র জন্য 8, 27 সারণীর মন্তব্য (1) দেখ।

8. 68 অদ্রবণীয় লবণের পরীক্ষা (Tests for insoluble salts)

যে লবণগুলি অম্লরাজে অদ্রবণীয়, তাদের অদ্রবণীয় লবণ বলা হয়। আংশিক বিশ্লেষণে পরীক্ষণীয় বস্তু অম্লরাজ মিশিয়ে গরম করার পর যে অবশেষ থাকে তা নিয়ে এই বিশেষ পরীক্ষা করা হয়। অদ্রবণীয় লবণগুলির একটা তালিকা নীচে দেওয়া হলঃ

1. AgCl (সাদা), AgBr (হলুদ আভা), AgI (ফিকে হলুদ)।
2. $PbSO_4$ (সাদা)।
3. $BaSO_4$ (সাদা), $SrSO_4$ (সাদা)।
4. পূর্বে জ্বালিত অক্সাইডগুলি, যেমন Al_2O_3 (সাদা), Fe_2O_3 (গাঢ় লাল), Cr_2O_3 (সবুজ), SnO_2 (সাদা), Sb_2O_4 (সাদা)।
5. CaF_2 (সাদা)।
6. পূর্বে গলিত (fused) $PbCrO_4$ (বাদামী)।
7. SiO_2 এবং অন্যান্য সিলিকেটগুলি (সাদা) (সাধারণতঃ গাঢ় HCl অথবা অম্লরাজে বিযোজিত হয়)।
8. $Cu_2Fe(CN)_6$ (লালাভ-বাদামী), $Zn_2Fe(CN)_6$ (সাদা) এবং প্রুশীয় নীল $KFe[Fe(CN)_6]$।

(ক) অদ্রবণীয় লবণ যদি সাদা হয় এবং $BaSO_4$ ও $SrSO_4$ আছে বলে সন্দেহ হয় তাহলে শিখা পরীক্ষা করঃ

প্লাটিনাম তারে কিছু লবণ নিয়ে প্রথমে দীপ শিখার উচ্চ বিজারক মণ্ডলে (ষষ্ঠ অধ্যায় দেখ) রেখে লবণকে বিজারিত করে নাও (সালফেট লবণ সালফাইড হয়ে যায়), তারপর HCl-এ সিক্ত করে অনুজ্জ্বল শিখার নিম্ন জারক মণ্ডলে ধর। পীতাভ-সবুজ শিখা—বেরিয়াম; স্থির ঘোর লাল শিখা—ষ্ট্রনসিয়াম। CaF_2 থাকলে স্বল্পস্থায়ী পীতাভ-লাল শিখা পাওয়া যায়।

(খ) $PbSO_4$-র জন্যঃ কিছু অংশ অদ্রবণীয় লবণ সম্পৃক্ত CH_3COONH_4 দ্রবণ মিশিয়ে গরম কর, ছাঁক, পরিস্রুত নিয়ে Pb^{2+} ও SO_4^{2-} জন্য পরীক্ষা কর।

(গ) প্লাটিনাম তারের রিঙে Na_2CO_3 গুটিকা তৈরী করে কিছু অদ্রবণীয় লবণ গুটিকার সাথে লাগিয়ে নাও, একটু গরম কর, তারপর কঠিন NaOH অল্প একটু ঐ গুটিকায় লাগিয়ে নিয়ে ভাল করে দীপ শিখায় গলিয়ে (fusion) নাও। এখন অল্প জলে গুটিকাটি দ্রবীভূত করে দ্রবণ নিয়ে নিম্নলিখিত পরীক্ষা করঃ

(*i*) সিলিকা (SiO_2) এবং অন্যান্য সিলিকেটের জন্য অ্যামোনিয়াম মলিবডেট-বেনজিডিন পরীক্ষা (মাইক্রোকস্‌মিক গুটিকা পরীক্ষায় আগেই আভাস পাওয়া যাবে)।

(*ii*) Al_2O_3-র জন্য অ্যালিজারিন পরীক্ষা।

(*iii*) Cr_2O_3-র জন্য ডাইফিনাইল কার্বাজাইড অথবা পারক্‌সিক্রোমেট পরীক্ষা (দ্রবণ হলুদ হবে)।

(*iv*) SnO_2-র জন্য ক্যাকোথেলিন পরীক্ষা (প্রতিপ্রভা পরীক্ষায় আগেই আভাস পাওয়া যায়)।

(*v*) Sb_2O_4-র জন্য H_2S পরীক্ষা অথবা রোডামিন-B বিকারক মিশিয়ে পরীক্ষা।

(ঘ) অদ্রবণীয় লবণের কিছু অংশ নিয়ে NaOH দ্রবণ মিশিয়ে ফোটাও এবং ছাঁক।

লবণে $PbCrO_4$ থাকলে, দ্রবণে থাকবে Na_2CrO_4 এবং $Na_2[PbO_2]$।

$$PbCrO_4+4NaOH = Na_2CrO_4+Na_2[PbO_2]+2H_2O$$

Cr এবং Pb-র জন্য নির্দিষ্ট বিকারক মিশিয়ে পরীক্ষা কর। দ্রবণ ছেঁকে নিয়ে নির্দিষ্ট পদ্ধতি অনুসারে ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের পরীক্ষা কর।

এই সমস্ত বিশেষ পরীক্ষা ছাড়াও সাধারণভাবে Na_2CO_3 গলন (fusion) পরীক্ষা করা যেতে পারে। তবে গলন পরীক্ষার আগে অদ্রবণীয় মিশ্রণে লেড (CH_3COONH_4 দ্রবণ দ্বারা) এবং সিলভার (গাঢ় KCN দ্রবণ দ্বারা) থাকলে পৃথক করে নেওয়া হয়। নিকেল মুচিতে অদ্রবণীয় অবশেষ নিয়ে 3 বা 4 গুণ অনার্দ্র Na_2CO_3 মিশিয়ে 20 মিনিট গলিত অবস্থায় উত্তপ্ত করে রাখ, তারপর ঠাণ্ডা করে পাতিত জল মিশিয়ে ফোটাও এবং ছাঁক।

অবশেষ : $BaCO_3$, $SrCO_3$, $CaCO_3$ এবং অন্যান্য কার্বনেট। এ ছাড়া থাকে অপরিবর্তিত CaF_2, SnO_2, Sb_2O_4, Al_2O_3 ইত্যাদি।
লঘু NHO_3 মিশিয়ে গরম কর এবং ছাঁক।

অবশেষ : যদি সাদা হয় CaF_2, SnO_2, Sb_2O_4, Al_2O_3, SiO_2 থাকতে পারে। NaOH মিশিয়ে গলাও, জল মিশিয়ে দ্রবীভূত কর। দ্রবণে থাকবে $NaAlO_2$, Na_2SnO_3, $NaSbO_2$, Na_2SiO_3 ইত্যাদি। দ্রবণ নিয়ে নির্দিষ্ট বিকারক মিশিয়ে পরীক্ষা কর।

পরিস্রুত : বাষ্পীভবন করে শুষ্ক কর, HCl-এ দ্রবীভূত কর এবং নির্দিষ্ট বিকারক মিশিয়ে পরীক্ষা কর।

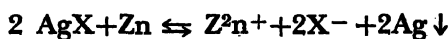
পরিস্রুত : থাকতে পারে Na_2CrO_4, $NaAlO_2$, Na_2SnO_3, NaF এবং Na_2SO_4।
দ্রবণ নিয়ে $BaCl_2$ দ্রবণ মিশিয়ে F^- এবং SO_4^{2-}-র পরীক্ষা কর। দ্রবণ নিয়ে Cr-র জন্য ডাইফিনাইল কার্বাজাইড, Al-র জন্য অ্যালিজারিন, Sn-র জন্য H_2S পরীক্ষা কর।

লবণে $Zn_2Fe(CN)_6$ থাকলে, দ্রবণে থাকবে Na_2ZnO_2 এবং $Na_4Fe(CN)_6$। নির্দিষ্ট বিকারক মিশিয়ে পরীক্ষা কর।
লবণে $Cu_2Fe(CN)_6$ থাকলে, দ্রবণে থাকবে $Na_4Fe(CN)_6$ এবং অবশেষ থাকবে CuO। দ্রবণে ফেরোসায়ানাইড আয়নের জন্য পরীক্ষা কর। CuO-কে HCl-এ দ্রবীভূত করে কপারের পরীক্ষা কর।

লবণে প্রুশীয় নীল থাকলে, দ্রবণে থাকবে $Na_4Fe(CN)_6$ এবং অবশেষ থাকবে $Fe(OH)_3$।
(ঙ) অদ্রবণীয় লবণ যদি গাঢ় লাল হয় তাহলে Fe_2O_3 থাকার সম্ভাবনা থাকে (সোহাগা গুটিকা পরীক্ষায় আভাস পাওয়া যায়)। Fe_2O_3 গাঢ় HCl মিশিয়ে ফোটালে আংশিক দ্রবীভূত হয়। ঐ দ্রবণ নিয়ে Fe^{3+}-র জন্য পরীক্ষা কর।

(চ) **AgCl, AgBr এবং AgI** : কিছু অদ্রবণীয় লবণ নিয়ে গাঢ় KCN মিশিয়ে একটু গরম কর। যদি শুধু সিলভার লবণ থাকে তাহলে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে যাবে। প্রয়োজন হলে ছেঁকে নাও। পরিস্রুত জল মিশিয়ে লঘু কর এবং H_2S গ্যাস চালিত কর। সিলভার লবণ থাকলে কাল Ag_2S অধঃক্ষেপণ হবে। ছাঁক, জল দিয়ে ধুয়ে নাও, অধঃক্ষেপ লঘু HNO_3-এ দ্রবীভূত কর, লঘু HCl যোগ কর, সাদা AgCl অধঃক্ষেপ।

যদি এইভাবে সিলভারের উপস্থিতি প্রমাণিত হয় তাহলে অদ্রবণীয় লবণের কিছু অংশ নিয়ে গলাও, তারপর ঠাণ্ডা করে Zn ও লঘু H_2SO_4 মেশাও, গরম কর, কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর। সিলভার লবণ বিজারিত হয়ে Ag কণা উৎপন্ন করে, আর অ্যানায়নগুলি Zn^{2+}-র সাথে দ্রবণে থাকে।

$$2\,AgX + Zn \leftrightarrows Z^2n^+ + 2X^- + 2Ag\downarrow$$

8, 69 অজানা লবণের বিশ্লেষণ

অজানা অজৈব লবণের মিশ্রণ কি করে রীতিবদ্ধভাবে আঙ্গিক বিশ্লেষণ করতে হয় এবং কিভাবে খাতায় লিখতে হয়, তার একটা নমুনা দেওয়া হল।

তারিখ **বিশ্লেষণ সংখ্যা-**

(*i*) লবণ মিশ্রণের নম্বর,
(*ii*) লবণ মিশ্রণের ভৌত বিশেষত্ব—যেমন, রঙ, কেলাস অথবা পাউডার, ইত্যাদি,
এবং (*iii*) দ্রবণীয়তা।

A. প্রাথমিক পরীক্ষা

বিশ্লেষণ	নিরীক্ষা	অনুমান
1. পরীক্ষা-নলে উত্তপ্ত-করণ।	1. অলপ একটু হলুদ উৎক্ষেপ, গরম করলে হলুদ হয়, ঠান্ডা করলে সাদা হয়।	1. Zn থাকতে পারে।
2. বাল্ব-নল পরীক্ষা।	2 কোন গন্ধ নেই, কোন প্রলেপ পড়ে নাই।	2. NH_3, Hg এবং As নাই।
3. (ক) কাঠকয়লায় জারকশিখা পরীক্ষা।	3. (ক) সাদা অবশেষ।	3. (ক) Pb, Cu, Fe, ইত্যাদি নাই।
(খ) কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষা।	(খ) গাঢ় নীল অবশেষ।	(খ) ফসফেট, বোরেট, ইত্যাদি থাকতে পারে।
4. সোহাগা গুটিকা পরীক্ষা।	4. উল্লেখযোগ্য নয়।	4. Co, Cr, Cu, Ni, Mn ইত্যাদি নাই।
5. দীপশিখা পরীক্ষা।	5. স্থির উজ্জ্বল সোনালী হলুদ শিখা, নীল কাচের ভিতর দিয়ে বর্ণহীন।	5. Na থাকতে পারে।
6. লবণ মিশ্রণ + লঘু H_2SO_4 — গরম করা হয়েছে।	6. বর্ণহীন ঝাঁঝালো গ্যাস, শ্বাসরোধ করে, গন্ধক পোড়া গন্ধ, অ্যাসিডীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে সিক্ত কাগজকে সবুজ করে, ফুক্‌সিন দ্রবণ বর্ণহীন হয়।	6. সালফাইট, থায়োসালফেট থাকতে পারে।
7. লবণ মিশ্রণ + গাঢ় H_2SO_4 + $CH_3OH \rightarrow$ গরম করা হয়েছে। উদ্বায়ী গ্যাস আগুনে পোড়ান হয়েছে।	7. সবুজ শিখায় পোড়ে।	7. বোরেট অথবা মুক্ত বোরিক অ্যাসিড।
8. অ্যাসিড না মিশিয়ে 7নং পরীক্ষা পুনরায় করা হয়েছে।	8. উল্লেখযোগ্য নয়।	8. মুক্ত বোরিক অ্যাসিড নাই।

B. অ্যানায়নের জন্য আর্দ্র পরীক্ষা

0·5 গ্রাম লবণ মিশ্রণ নিয়ে 20 মি.লি. পাতিত জল মিশিয়ে ফোটান হয়েছে এবং ঠাণ্ডা হলে ছেঁকে নিয়ে অ্যানায়নের জন্য পরীক্ষা করা হয়েছে। পরিস্রুত নিয়ে তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছেঃ

1. প্রথম অংশ + $AgNO_3$ দ্রবণ → সাদা, হলুদ, অবশেষে কাল অধঃক্ষেপ → থায়োসালফেট আছে।

2. দ্বিতীয় অংশ + $FeCl_3$ দ্রবণ → অস্থায়ী রক্ত বেগুনী দ্রবণ, অল্পক্ষণ পরে বর্ণহীন দ্রবণ → থায়োসালফেট প্রমাণিত।

3. তৃতীয় অংশ + $BaCl_2$ দ্রবণ → ঘোলাটে দ্রবণ, লঘু HCl মেশালে SO_2 গ্যাস বের হয়েছে, দ্রবণ পরিষ্কার হয়ে সালফারের অধঃক্ষেপণ হয়েছে → সালফেট নাই।

C. পরীক্ষণীয় লবণের দ্রবণ প্রস্তুতি

0·5 গ্রাম লবণ মিশ্রণ নিয়ে 20 মি.লি. পাতিত জল মিশিয়ে ফোটান হয়েছে এবং গরম অবস্থায় ছেঁকে নেওয়া হয়েছে।

অবশেষঃ লঘু HCl মেশালে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণ (খ) নিয়ে পর্যায়ক্রমে শ্রেণীগতভাবে ধাতব ক্যাটায়নের বিশ্লেষণ করা হয়েছে।

পরিস্রুত (ক)ঃ এই পরিস্রুত নিয়ে পর্যায়ক্রমে শ্রেণীগতভাবে ধাতব ক্যাটায়নের বিশ্লেষণ করা হয়েছে, কিন্তু কোন ধাতব লবণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় নাই। শুধুমাত্র I গ্রুপে সালফারের অধঃক্ষেপণ হয়েছে। পরিস্রুতের কিছু অংশ বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় শুষ্ক করে কঠিন অবশেষ-সহ দীপশিখা পরীক্ষা করা হয়েছে → উজ্জ্বল সোনালী হলুদ শিখা, নীল কাচের ভিতর দিয়ে দেখা যায় না। **সোডিয়াম আছে।**

পরিস্রুতের কিছু অংশ + জিংক ইউরানিল অ্যাসিটেট দ্রবণ → ঝাঁকালে হলুদ অধঃক্ষেপণ হয়েছে। **সোডিয়ামের উপস্থিতি** পুনরায় প্রমাণিত হয়েছে।

পর্যায়ক্রমে শ্রেণীগতভাবে দ্রবণ (খ) নিয়ে বিশ্লেষণ

এই ক্লোরাইড দ্রবণ ভালভাবে ঠাণ্ডা করা হয়েছে

<table>
<tr><td rowspan="5">অধঃক্ষেপঃ নাই।
I গ্রুপ নাই।</td><td colspan="5">অ্যাসিড মাত্রা 0·3N ঠিক করা হয়েছে, তারপর গরম করে H_2S চালিত করা হয়েছে।</td></tr>
<tr><td rowspan="4">অধঃক্ষেপঃ নাই।
II(A+B) গ্রুপ নাই।</td><td colspan="4">H_2S তাড়িয়ে দেওয়া হয়েছে। দ্রবণে গাঢ় $HCl + CH_3OH$ মিশিয়ে ফোটান হয়েছে। তিনবার এইভাবে গাঢ় $HCl + CH_3OH$ মিশিয়ে ফোটান হয়েছে এবং পরে দ্রবণের একটুখানি নিয়ে বোরেটের জন্য পরীক্ষা করা হয়েছে। দেখা গেছে দ্রবণ বোরেট মুক্ত হয়েছে। তারপর $NH_4Cl + NH_4OH$ মেশান হয়েছে এবং দ্রবণ অ্যামোনীয় করা হয়েছে।</td></tr>
<tr><td rowspan="3">অধঃক্ষেপঃ নাই।
IIIA গ্রুপ নাই।</td><td colspan="3">H_2S চালিত করা হয়েছে এবং ছেঁকে নেওয়া হয়েছে।</td></tr>
<tr><td rowspan="2">অধঃক্ষেপঃ সাদা।
IIIB গ্রুপ আছে।</td><td colspan="2">পরিস্রুতঃ H_2S তাড়িয়ে দেওয়া হয়েছে। দ্রবণের আয়তন বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় কমানো হয়েছে। $(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ মেশান হয়েছে।</td></tr>
<tr><td>অধঃক্ষেপঃ নাই।
IV গ্রুপ নাই।</td><td>Na_2HPO_4 দ্রবণ মিশিয়ে ঝাঁকান হয়েছে, কাচদণ্ড দ্বারা নাড়া হয়েছে। কোন অধঃক্ষেপ নাই। Mg নাই।</td></tr>
</table>

IIIB গ্রুপের বিশ্লেষণ

অধঃক্ষেপ ধুয়ে নিয়ে লঘু HCl মেশান হয়েছে

<table>
<tr><td rowspan="2">অধঃক্ষেপ: নাই। Ni এবং Co নাই।</td><td colspan="2">H_2S তাড়ান হয়েছে, লঘু NaOH দ্রবণ মিশিয়ে ফোটান হয়েছে।</td></tr>
<tr><td>অধঃক্ষেপ: নাই। Mn নাই।</td><td>CH_3COOH দ্বারা অ্যাসিডীয় করে H_2S চালিত করা হয়েছে। সাদা অধঃক্ষেপ। Zn আছে।
এই অধঃক্ষেপ নিয়ে কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষা করা হয়েছে → সবুজ অবশেষ। Zn-র উপস্থিতি প্রমাণিত হয়েছে।</td></tr>
</table>

অতএব জলীয় দ্রবণ (ক) থেকে পাওয়া গেছে Na^+ এবং $S_2O_3^{2-}$, আর HCl দ্রবণ (খ) থেকে পাওয়া গেছে Zn^{2+}। জলীয় দ্রবণ শুষ্ক করে বোরেটের জন্য পরীক্ষা করা হয়েছে। উল্লেখযোগ্য সবুজ শিখা হয় নাই। সুতরাং অনুমান করা যায় যে $Zn(BO_2)_2$ হিসাবে দেওয়া হয়েছে। তাহলে লবণ মিশ্রণ দেওয়া হয়েছে $Na_2S_2O_3$ এবং $Zn(BO_2)_2$।

4, 29. সারণী: অজৈব যৌগের দ্রবণীয়তা

আয়রন (আস)

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
আয়রন অক্সাইড	FeO কাল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ আর্সেনেট	$Fe_3(AsO_4)_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	„	„
„ আয়োডাইড	$FeI_2 \cdot 4H_2O$ সবুজ	দ্রবণীয়	—
„ কার্বনেট	$FeCO_3$ ধূসর	$6{\cdot}5 \times 10^{-3}$	অ্যাসিড
„ ক্লোরাইড	$FeCl_2$ সবুজ	70	—
„ থায়োসায়ানেট	$Fe(CNS)_2 \cdot 3H_2O$ সবুজ	দ্রবণীয়	—
„ নাইট্রেট	$Fe(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ সবুজ	134	—
„ ফসফেট	$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ধূসর নীল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ফেরিসায়ানাইড	$Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ নীল	„	H_2SO_4
„ ফেরোসায়ানাইড	$Fe_2Fe(CN)_6$ নীল	„	„
„ ফ্লোরাইড	$FeF_2 \cdot 8H_2O$ সবুজ	সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ব্রোমাইড	$FeBr_2$ হলুদ	116	
„ সালফাইড	FeS কাল	$6{\cdot}2 \times 10^{-4}$	অ্যাসিড
„ সালফাইট	$2FeSO_3 \cdot 5H_2O$ সবুজ	খুব সামান্য দ্রবণীয়	„
„ সালফেট	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ সবুজ	48	—

আয়রন (ইক)

আয়রন অক্সাইড	Fe_2O_3 লাল	অদ্রবণীয়	HCl
	Fe_3O_4 কাল	„	„
„ আর্সেনেট	$FeAsO_4 \cdot 4H_2O$ সাদা	„	অ্যাসিড
„ ক্লোরাইড	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ হলুদ-বাদামী	দ্রবণীয়	—
„ ক্লোরেট	$Fe(ClO_3)_2$	„	—
„ থায়োসায়ানেট	$Fe(CNS)_3 \cdot 3H_2O$ লাল	„	—
„ নাইট্রেট	$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ফিকে বেগুনী	„	—
„ ফসফেট	$FePO_4$ $2H_2O$ হলুদ	খুব সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ফেরোসায়ানাইড	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ নীল	অদ্রবণীয়	HCl, H_2SO_4
„ ফ্লোরাইড	FeF_3 সবুজ	সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ব্রোমাইড	$FeBr_3$ হলুদ	দ্রবণীয়	—
„ সালফাইড	Fe_2S_3 পীতাভ সবুজ	3×10^{-7}	অ্যাসিড
„ সালফেট	$Fe_2(SO_4)_3$ হলুদ	সামান্য দ্রবণীয়	„

আর্সেনিক (আস)

আর্সেনিক অক্সাইড	As_2O_3 সাদা	1·7	অ্যাসিড, ক্ষারক
„ আয়োডাইড	AsI_3 লাল	30	—
„ ক্লোরাইড	$AsCl_3$ বর্ণহীন	জল বিশ্লেষ	অ্যাসিড
„ ব্রোমাইড	$AsBr_3$ হলুদ	„	„
„ সালফাইড	As_2S_3 হলুদ	5×10^{-5}	HNO_3, ক্ষারক

আর্সেনিক (ইক)

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
আর্সেনিক অক্‌সাইড	As_2O_5 সাদা	150	—
" অ্যাসিড	$2H_3AsO_4 \cdot H_2O$ সাদা	16·7	—
" সালফাইড	As_2S_5 হলুদ	অদ্রবণীয়	HNO_3, ক্ষারক
		অ্যান্টিমনি	
অ্যান্টিমনি অক্‌সাইড	Sb_2O_3 সাদা	$1 \cdot 8 \times 10^{-3}$	HCl
	Sb_2O_4 সাদা	অদ্রবণীয়	অম্লরাজে অদ্রবণীয়
	Sb_2O_5 হলুদ	0·3	HCl
" আয়োডাইড	SbI_3 লালাভ হলুদ	জল বিশ্লেষ	অ্যাসিড
" ক্লোরাইড	$SbCl_3$ সাদা	"	"
" ফ্লোরাইড	SbF_3 ধূসর সাদা	445	—
" ব্রোমাইড	$SbBr_3$ সাদা	জল বিশ্লেষ	অ্যাসিড
" সালফাইড	Sb_2S_3 কমলা	$1 \cdot 7 \times 10^{-4}$	"
" সালফেট	$Sb_2(SO_4)_3$ সাদা	জল বিশ্লেষ	"
		অ্যামোনিয়াম	
অ্যামোনিয়াম আর্সেনাইট	NH_4AsO_2 সাদা	খুব দ্রবণীয়	
" আর্সেনেট	$(NH_4)_3AsO_4 \cdot 3H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	
" আয়োডাইড	NH_4I সাদা	170	
" কার্বনেট	$(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$ সাদা	100	

অ্যামোনিয়াম	ক্লোরাইড	NH_4Cl সাদা	37·2	
”	ক্রোমেট	$(NH_4)_2CrO_4$ হলুদ	40	
”	থায়োসালফেট	$(NH_4)_2S_2O_3$ সাদা	দ্রবণীয়	
”	থায়োসায়ানেট	NH_4CNS সাদা	162	
”	নাইট্রাইট	NH_4NO_2 সাদা	দ্রবণীয়	
”	নাইট্রেট	NH_4NO_3 সাদা	183	
”	ফসফেট	$(NH_4)_2HPO_4$ সাদা	59	
		$NH_4H_2PO_4$ সাদা	37	
”	ফেরিসায়ানাইড	$(NH_4)_3Fe(CN)_6$ লাল	দ্রবণীয়	
”	ফেরোসায়ানাইড	$(NH_4)_4Fe(CN)_6$ হলুদ	”	
”	ফ্লোরাইড	NH_4F সাদা	”	
”	বোরেট	$(NH_4)_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ সাদা	8·3	
”	ব্রোমাইড	NH_4Br সাদা	76	
”	সালফাইট	$(NH_4)_2SO_3 \cdot H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	
”	সালফেট	$(NH_4)_2SO_4$ সাদা	”	

অ্যালুমিনিয়াম

অ্যালুমিনিয়াম	অক্সাইড	Al_2O_3 সাদা	অদ্রবণীয়	অম্লরাজে অদ্রবণীয়
”	আর্সেনাইট	$AlAsO_3$ সাদা	”	অ্যাসিড
”	আর্সেনেট	$AlAsO_4$ সাদা	”	”
”	আয়োডাইড	$AlI_3 \cdot 6H_2O$ হলুদ-সাদা	দ্রবণীয়	
”	নাইট্রেট	$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ সাদা	113	
”	ফসফেট	$AlPO_4$ সাদা	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড. ক্ষারক

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
অ্যালুমিনিয়াম ফেরোসায়ানাইড	$Al_4[Fe(CN)_6]_3 \cdot 17H_2O$ বাদামী	খুব সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইড	AlF_3 সাদা	অদ্রবণীয়	
” ব্রোমাইড	$AlBr_3 \cdot 6H_2O$ সাদা	40	
” সালফাইড	Al_2S_3 হলুদ	জল বিশ্লেষ	অ্যাসিড, ক্ষারক
” সালফেট	$Al_2(SO_4)_3$ সাদা	36	
		কপার (আস)	
কপার অক্সাইড	Cu_2O লাল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড, NH_4OH
” আয়োডাইড	Cu_2I_2 সাদা	8×10^{-4}	NH_4OH
” কার্বনেট	Cu_2CO_3 হলুদ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড, NH_4OH
” ক্লোরাইড	Cu_2Cl_2 সাদা	$6{\cdot}2 \times 10^{-3}$	” ”
” থায়োসায়ানেট	$Cu_2(CNS)_2$ সাদা	5×10^{-4}	NH_4OH
” ফেরোসায়ানাইড	$Cu_4Fe(CN)_6$ লাল	অদ্রবণীয়	”
” ফ্লোরাইড	Cu_2F_2 লাল	”	HCl, HNO_3
” ব্রোমাইড	Cu_2Br_2 সাদা	”	অ্যাসিড
” সালফাইড	Cu_2S কাল	5×10^{-4}	HNO_3, NH_4OH
” সালফাইট	$Cu_2SO_3 \cdot H_2O$ লাল	সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড, ”
		কপার (ইক)	
কপার অক্সাইড	CuO কাল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
” আর্সেনেট	$Cu_3(AsO_4)_2 \cdot 4H_2O$ নীলাভ-সবুজ	”	HCl, HNO_3

কপার কার্বনেট (ক্ষারকীয়)	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ সবুজ	অদ্রবণীয়	HCl, HNO_3
„ ক্লোরাইড	$CuCl_2$ পীতাভ বাদামী	76·2	—
„ ক্লোরেট	$Cu(ClO_3)_2$ সবুজ	240	—
„ ক্রোমেট	$CuCrO_4$ বাদামী	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ থায়োসায়ানেট	$Cu(CNS)_2$ কাল	বিযোজিত	„
„ নাইট্রেট	$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ নীল	দ্রবণীয়	—
„ ফসফেট	$Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ নীল	অদ্রবণীয়	„
„ ফেরিসায়ানাইড	$Cu_3[Fe(CN)_6]_2$ সবুজ	„	NH_4OH
„ ফেরোসায়ানাইড	$Cu_2Fe(CN)_6$ বাদামী	„	„
„ ফ্লোরাইড	$CuF_2 \cdot 2H_2O$ নীল	সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ বোরেট	$Cu(BO_2)_2$ সবুজ	অদ্রবণীয়	গাঢ় HCl
„ ব্রোমাইড	$CuBr_2$ কাল	দ্রবণীয়	—
„ সালফাইড	CuS কাল	অদ্রবণীয়	HNO_3
„ সালফেট	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ নীল	দ্রবণীয়	—
	ক্যাডমিয়াম		
ক্যাডমিয়াম অক্সাইড	CdO বাদামী	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ আর্সেনাইট	$Cd_3(AsO_3)_2$ সাদা	„	„
„ আর্সেনেট	$Cd_3(AsO_4)_2$ সাদা	„	„
„ আয়োডাইড	CdI_2 সাদা	93	—
„ কার্বনেট	$CdCO_3$ সাদা	অদ্রবণীয়	„
„ ক্লোরাইড	$CdCl_2$ সাদা	141	—

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
ক্যাডমিয়াম ক্লোরেট	$Cd(ClO_3)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
„ ক্রোমেট	$CdCrO_4$ হলুদ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ থায়োসালফেট	$CdS_2O_3 \cdot 2H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
„ থায়োসায়ানেট	$Cd(CNS)_2$	সামান্য দ্রবণীয়	„
„ নাইট্রেট	$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ সাদা	127	—
„ ফসফেট	$Cd_3(PO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	„
„ ফেরোসায়ানাইড	$Cd_2Fe(CN)_6$	„	HCl
„ ফ্লোরাইড	CdF_2 সাদা	4·35	অ্যাসিড
„ বোরেট	$Cd(BO_2)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	„
„ ব্রোমাইড	$CdBr_2$ সাদা	94	—
„ সালফাইড	CdS হলুদ	অদ্রবণীয়	HNO_3
„ সালফাইট	$CdSO_3$ সাদা	সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ সালফেট	$CdSO_4$ সাদা	76	—
		ক্যালসিয়াম	
ক্যালসিয়াম অক্সাইড	CaO সাদা	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ আর্সেনাইট	$Ca(AsO_2)_2$ সাদা	সামান্য দ্রবণীয়	„
„ আর্সেনেট	$Ca(AsO_4)_2 \cdot 3H_2O$ সাদা	অদ্রবণীয়	„
„ আয়োডাইড	CaI_2 সাদা	204	—
„ কার্বনেট	$CaCO_3$ সাদা	$1{\cdot}2 \times 10^{-3}$	অ্যাসিড
„ ক্লোরাইড	$CaCl_2$ সাদা	82	—

ক্যালসিয়াম ক্লোরেট	$Ca(ClO_3)_2$ সাদা	178	—
” ক্রোমেট	$CaCrO_4$ হলুদ	18·6	—
” থায়োসালফেট	$CaS_2O_3 \cdot 6H_2O$ সাদা	90	—
” থায়োসায়ানেট	$Ca(CNS)_2 \cdot 3H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
” নাইট্রাইট	$Ca(NO_2)_2 \cdot 4H_2O$ সাদা	119	—
” নাইট্রেট	$Ca(NO_3)_2$ সাদা	130	—
” ফসফেট	$Ca_3(PO_4)_2$ সাদা	0·02	অ্যাসিড
” ফেরিসায়ানাইড	$Ca_3[Fe(CN)_6]_2 \cdot 12H_2O$ লাল	দ্রবণীয়	—
” ফেরোসায়ানাইড	$Ca_2Fe(CN)_6 \cdot 12H_2O$ হলুদ	89	—
” ফ্লোরাইড	CaF_2 সাদা	$1 \cdot 6 \times 10^{-3}$	অম্লরাজে অদ্রবণীয়
” বোরেট	$Ca(BO_2)_2 \cdot 2H_2O$ সাদা	0·2	অ্যাসিড
” ব্রোমাইড	$CaBr_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	219	—
” সালফাইড	CaS সাদা	জল বিশ্লেষ	অ্যাসিড
” সালফাইট	$CaSO_3 \cdot 2H_2O$ সাদা	$4 \cdot 3 \times 10^{-3}$	”
” সালফেট	$CaSO_4$ সাদা	0·21	—
” সিলিকেট	$CaSiO_3$ সাদা	1×10^{-3}	HCl

কোবাল্ট

কোবাল্ট অক্সাইড	CoO সবুজাভ-বাদামী	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড, NH_4OH
” ”	Co_2O_3 কাল	”	”
” আর্সেনাইট	$Co_3(AsO_3)_2$ লাল	”	”
” আর্সেনেট	$Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ বেগুনী	”	”

নাম		সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
কোবাল্ট	আয়োডাইড	CoI_2 কাল্‌চে সবুজ	দ্রবণীয়	—
„	কার্বনেট	$CoCO_3$ গোলাপী	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„	ক্লোরাইড	$CoCl_2$ নীল	দ্রবণীয়	—
„	„	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ লাল	„	—
„	„	$CoCl_3$ লাল	„	—
„	ক্লোরেট	$Co(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ লাল	„	—
„	ক্রোমেট	$CoCrO_4$ হলুদ-বাদামী	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„	থায়োসালফেট	$CoS_2O_3 \cdot 6H_2O$ বেগুনী	দ্রবণীয়	—
„	থায়োসায়ানেট	$Co(CNS)_2 \cdot 3H_2O$ বেগুনী	„	—
„	নাইট্রেট	$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ লাল	99	—
„	ফসফেট	$Co_3(PO_4)_2$ লাল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড, NH_4OH
„	ফেরিসায়ানাইড	$Co_3[Fe(CN)_6]_2$ লাল	„	HCl „
„	ফেরোসায়ানাইড	$Co_2Fe(CN)_6$ ধূসর সবুজ	„	HCl „
„	ফ্লোরাইড	$CoF_2 \cdot 4H_2O$ লাল	২	অ্যাসিড
„	বোরেট	$Co(BO_2)_2$ নীল	অদ্রবণীয়	„
„	ব্রোমাইড	$CoBr_2$ সবুজ	দ্রবণীয়	—
„	„	$CoBr_2 \cdot 6H_2O$ লাল	„	—
„	সালফাইড	CoS কাল	$3{\cdot}8 \times 10^{-4}$	অ্যাসিড
„	„	Co_2S_3 কাল	অদ্রবণীয়	„
„	সালফাইট	$CoSO_3 \cdot 5H_2O$ লাল	„	„

কোবাল্ট সালফেট	$CoSO_4$ লাল	34·5	—
" "	$Co_2(SO_4)_3$ নীল	বিযোজিত	অ্যাসিড

ক্রোমিয়াম (আস)

ক্রোমিয়াম অক্সাইড	CrO কাল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
" আয়োডাইড	CrI_2 সাদা	দ্রবণীয়	—
" কার্বনেট	$CrCO_3$ ধূসর নীল	সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
" ক্লোরাইড	$CrCl_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
" থায়োসায়ানেট	$Cr(CNS)_2$	"	—
" ফসফেট	$Cr_3(PO_4)_2$ সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
" ফ্লোরাইড	CrF_2 সবুজ	সামান্য দ্রবণীয়	উষ্ণ গাঢ় HCl
" ব্রোমাইড	$CrBr_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
" সালফাইড	CrS কাল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
" সালফেট	$CrSO_4 \cdot 7H_2O$ নীল	12·35	—

ক্রোমিয়াম (ইক)

ক্রোমিয়াম অক্সাইড	Cr_2O_3 গাঢ় সবুজ	অদ্রবণীয়	
" আর্সেনাইট	$CrAsO_3$	দ্রবণীয়	—
" আয়োডাইড	$CrI_3 \cdot 9H_2O$	"	—
" ক্লোরাইড	$CrCl_3$ ফিকে লাল	অদ্রবণীয়	
" "	$CrCl_3 \cdot 6H_2O$ বেগুনী	দ্রবণীয়	—
" নাইট্রেট	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ রক্ত বেগুনী	"	—

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
ক্রোমিয়াম ফসফেট	$CrPO_4 \cdot 3H_2O$ সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ফ্লোরাইড	CrF_3 সবুজ	দ্রবণীয়	—
„ ব্রোমাইড	$CrBr_3$ সবুজ	অদ্রবণীয়	
„ „	$CrBr_3 \cdot 6H_2O$ সবুজ	দ্রবণীয়	—
„ সালফাইড	Cr_2S_3 কাল্‌চে বাদামী	জলবিশ্লেষ	HNO_3
„ সালফেট	$Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	120	—
		জিংক	
জিংক অক্‌সাইড	ZnO সাদা	4×10^{-4}	অ্যাসিড, ক্ষারক
„ আর্সেনেট	$Zn_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ সাদা	অদ্রবণীয়	HNO_3
„ আয়োডাইড	ZnI_2 সাদা	দ্রবণীয়	—
„ কার্বনেট	$ZnCO_3$ সাদা	1×10^{-3}	অ্যাসিড
„ ক্লোরাইড	$ZnCl_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
„ ক্লোরেট	$Zn(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	„	—
„ ক্রোমেট	$ZnCrO_4$ হল্‌দ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ থায়োসালফেট	$ZnS_2O_3 \cdot xH_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
„ থায়োসায়ানেট	$Zn(CNS)_2$ সাদা	„	—
„ নাইট্রাইট	$Zn(NO_2)_2 \cdot 3H_2O$	„	—
„ নাইট্রেট	$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	„	—

জিংক ফসফেট	$Zn_3(PO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড, NH_4OH
" ফেরোসায়ানাইড	$Zn_2Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ সাদা	"	" "
" ফ্লোরাইড	$ZnF_2 \cdot 4H_2O$ সাদা	1·6	"
" ব্রোমাইড	$ZnBr_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
" সালফাইড	ZnS সাদা	$6{\cdot}9 \times 10^{-4}$	অ্যাসিড
" সালফাইট	$ZnSO_3 \cdot 2H_2O$ সাদা	0·16	"
" সা,লফেট	$ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
" সিলিকেট	$ZnSiO_3$ সাদা	অদ্রবণীয়	
		টিন (আস)	
টিন অক্সাইড	SnO কাল	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
" আয়োডাইড	SnI_2 লাল	1	"
" ক্লোরাইড	$SnCl_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
" ক্রোমেট	$SnCrO_4$ বাদামী	সামান্য দ্রবণীয়	HCl
" ফেরোসায়ানাইড	$Sn_2Fe(CN)_6$ সাদা	অদ্রবণীয়	"
" ফ্লোরাইড	SnF_2 সাদা	দ্রবণীয়	—
" ব্রোমাইড	$SnBr_2$ হলুদ	দ্রবণীয়	—
" সালফাইড	SnS বাদামী	2×10^{-6}	HCl
" সালফেট	$SnSO_4$ সাদা	19	—
		টিন (ইক)	
টিন অক্সাইড	SnO_2 সাদা	অদ্রবণীয়	অম্লরাজেও অদ্রবণীয়
" আয়োডাইড	SnI_4 কমলা	জলবিশ্লেষ	
" ক্লোরাইড	$SnCl_4 \cdot 5H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
টিন ক্রোমেট	$Sn(CrO_4)_2$ হলুদ	দ্রবণীয়	—
,, ফ্লোরাইড	SnF_4 সাদা	,,	—
,, ব্রোমাইড	$SnBr_4$ সাদা	,,	—
,, সালফাইড	SnS_2 হলুদ	2×10^{-5}	অ্যাসিড
,, সালফেট	$Sn(SO_4)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	

নিকেল

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
নিকেল অক্সাইড	NiO সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
,, ,,	Ni_2O_3 কাল	,,	,,
,, আর্সেনাইট	$Ni_3(AsO_3)_2$ সবুজ	,,	,,
,, আর্সেনেট	$Ni_3(AsO_4)_2$ সবুজ	,,	,,
,, আয়োডাইড	NiI_2 কাল	148	—
,, কার্বনেট	$NiCO_3$ নীলাভ সবুজ	9×10^{-3}	অ্যাসিড
,, ক্লোরাইড	$NiCl_2$ হলুদ	64	—
,, ,,	$NiCl_2 \cdot 6H_2O$ সবুজ	দ্রবণীয়	—
,, ক্লোরেট	$Ni(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ লাল	156	—
,, ক্রোমেট	$NiCrO_4$	অদ্রবণীয়	গাঢ় HNO_3
,, থায়োসালফেট	$NiS_2O_3 \cdot 6H_2O$	দ্রবণীয়	—
,, থায়োসায়ানেট	$Ni(CNS)_2$	,,	—
,, নাইট্রাইট	$Ni(NO_2)_2$ সবুজ	,,	—
,, নাইট্রেট	$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ সবুজ	,,	—
,, ফসফেট	$Ni_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$ সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড

নিকেল ফেরোসায়ানাইড	$Ni_2Fe(CN)_6 \cdot 11H_2O$ সবুজ	অদ্রবণীয়	HCl
" ক্লোরাইড	NiF_2 সবুজ	0·02	NH_4OH
" বোরেট	$Ni(BO_2)_2 \cdot 2H_2O$ সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
" ব্রোমাইড	$NiBr_2 \cdot 3H_2O$ সবুজ	দ্রবণীয়	—
" হাইড্রোক্সাইড	$Ni(OH)_2$ সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
" সালফাইড	NiS কাল	$3 \cdot 6 \times 10^{-4}$	অম্লরাজ
" সালফাইট	$NiSO_3 \cdot 6H_2O$ সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
" সালফেট	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$ সবুজ	দ্রবণীয়	—
" সিলিকেট	Ni_2SiO_4 সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড

পটাসিয়াম

পটাসিয়াম আর্সেনাইট	$KAsO_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
" আর্সেনেট	K_3AsO_4 সাদা	"	
" আয়োডাইড	KI সাদা	"	
" কার্বনেট	K_2CO_3 সাদা	112	
" ক্লোরাইড	KCl সাদা	34·7	
" ক্লোরেট	$KClO_3$ সাদা	7·3	
" ক্রোমেট	K_2CrO_4 হলুদ	62·9	
" থায়োসালফেট	$K_2S_2O_3 \cdot 2H_2O$ সাদা	184	
" থায়োসায়ানেট	$KCNS$ সাদা	216	
" নাইট্রাইট	KNO_2 হলুদ	302	
" নাইট্রেট	KNO_3 সাদা	31·2	
" ফসফেট	K_3PO_4 সাদা	দ্রবণীয়	

নাম		সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
পটাসিয়াম	ফসফেট	K_2HPO_4 সাদা	দ্রবণীয়	
	”	KH_2PO_4 সাদা	30	
”	ফেরিসায়ানাইড	$K_3Fe(CN)_6$ লাল	44	
”	ফেরোসায়ানাইড	$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ হলুদ	31	
”	ফ্লোরাইড	KF সাদা	92·3	
”	বোরেট	$K_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ সাদা	26·7	
”	ব্রোমাইড	KBr সাদা	64·5	
”	সালফাইড	K_2S হলুদ-বাদামী	দ্রবণীয়	
”	সালফাইট	$K_2SO_3 \cdot 2H_2O$ সাদা	100	
”	সালফেট	K_2SO_4 সাদা	10·9	
”	সিলিকেট	K_2SiO_3 সাদা	দ্রবণীয়	
		মারকারী (আস)		
মারকারী	অক্সাইড	Hg_2O কাল	7×10^{-4}	HNO_3
”	আর্সেনেট	$(Hg_2)_3(AsO_4)_2$ লাল	অদ্রবণীয়	”
”	আয়োডাইড	Hg_2I_2 হলুদ	”	KI দ্রবণ
”	কার্বনেট	Hg_2CO_3 বাদামী	”	HNO_3
”	ক্লোরাইড	Hg_2Cl_2 সাদা	$2·1 \times 10^{-4}$	অম্লরাজ
”	ক্লোরেট	$Hg_2(ClO_3)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
”	ক্রোমেট	Hg_2CrO_4 লাল	খুব সামান্য দ্রবণীয়	HNO_3
”	থায়োসায়ানেট	$Hg_2(CNS)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	HCl
”	নাইট্রেট	$Hg_2(NO_3)_2 \cdot H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
”	ফসফেট	$(Hg_2)_3(PO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	HNO_3

,, ফ্লোরাইড	Hg_2F_2 হলুদ	বিযোজিত	
,, ব্রোমাইড	Hg_2Br_2 হলুদ	অদ্রবণীয়	HNO_3
,, সালফাইড	Hg_2S কাল	,,	অম্লরাজ
,, সালফেট	Hg_2SO_4 সাদা	0·06	HNO_3
		মারকারী (ইক)	
মারকারী অক্সাইড	HgO লাল	5×10^{-3}	HCl, HNO_3
,, আর্সেনেট	$Hg_3(AsO_4)_2$ হলুদ	সামান্য দ্রবণীয়	,, ,,
,, আয়োডাইড	HgI_2 লাল	6×10^{-3}	HCl
,, কার্বনেট (ক্ষারকীয়)	$2HgO \cdot HgCO_3$ লাল	অদ্রবণীয়	
,, ক্লোরাইড	$HgCl_2$ সাদা	7·4	—
,, ক্লোরেট	$Hg(ClO_3)_2$ সাদা	25	—
,, ক্রোমেট	$HgCrO_4$ লাল	সামান্য দ্রবণীয়	HCl
,, থায়োসায়ানেট	$Hg(CNS)_2$ সাদা	0·07	HCl, HNO_3
,, নাইট্রেট	$Hg(NO_3)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
,, ফসফেট	$Hg_3(PO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	HCl, HNO_3
,, ফেরোসায়ানাইড	$Hg_2Fe(CN)_6$ বাদামী	,,	
,, ফ্লোরাইড	HgF_2 সাদা	বিযোজিত	HNO_3
,, ব্রোমাইড	$HgBr_2$ সাদা	0·5	গরম জল
,, সালফাইড	HgS কাল	অদ্রবণীয়	অম্লরাজ
,, সালফেট	$HgSO_4$ সাদা	0·06	HCl, HNO_3
		ম্যাগনেসিয়াম	
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড	MgO সাদা	6×10^{-4}	অ্যাসিড
,, আর্সেনাইট	$Mg_3(AsO_3)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
,, আর্সেনেট	$Mg_3(AsO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড	$MgI_2 \cdot 8H_2O$ সাদা	212	—
,, কার্বনেট	$MgCO_3$ সাদা	0·09	অ্যাসিড
,, ক্লোরাইড	$MgCl_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
,, ক্লোরেট	$Mg(ClO_3)_2$ সাদা	128	—
,, ক্রোমেট	$MgCrO_4 \cdot 7H_2O$ হলুদ	211·5	—
,, থায়োসালফেট	$MgS_2O_3 \cdot 6H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
,, থায়োসায়ানেট	$Mg(CNS)_2 \cdot 4H_2O$ সাদা	,,	—
,, নাইট্রেট	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	128	—
,, ফসফেট	$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ সাদা	0·02	অ্যাসিড
,, ফেরোসায়ানাইড	$Mg_2Fe(CN)_6 \cdot 6H_2O$ হলুদ	33	
,, ফ্লোরাইড	MgF_2 সাদা	$8{\cdot}7 \times 10^{-3}$	HNO_3
,, বোরেট	$Mg(BO_2)_2 \cdot 8H_2O$ সাদা	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
,, ব্রোমাইড	$MgBr_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	357	—
,, সালফাইট	$MgSO_3 \cdot 6H_2O$ সাদা	1·25	অ্যাসিড
,, সালফেট	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ সাদা	71	—
,, সিলিকেট	$MgSiO_3$ সাদা	অদ্রবণীয়	

	ম্যাংগানীজ		
ম্যাংগানীজ অক্সাইড	MnO সবুজ	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ „	MnO_2 কাল	„	HCl
„ আর্সেনাইট	$Mn_3(AsO_3)_2 \cdot 3H_2O$ লাল	দ্রবণীয়	—
„ আর্সেনেট	$Mn_3(AsO_4)_2 \cdot H_2O$ বাদামী	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ আয়োডাইড	$MnI_2 \cdot 4H_2O$ গোলাপী	দ্রবণীয়	—
„ কার্বনেট	$MnCO_3$ বাদামী	$6{\cdot}5 \times 10^{-3}$	অ্যাসিড
„ ক্লোরাইড	$MnCl_2$ ফিকে লাল	দ্রবণীয়	—
„ থায়োসালফেট	MnS_2O_3	„	—
„ থায়োসায়ানেট	$Mn(CNS)_2 \cdot 3H_2O$	„	—
„ নাইট্রেট	$Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ গোলাপী	„	—
„ ফসফেট	$Mn_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$	খুব সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ফেরোসায়ানাইড	$Mn_2Fe(CN)_6 \cdot 7H_2O$	অদ্রবণীয়	HCl
„ ফ্লোরাইড	MnF_2 লাল	„	অ্যাসিড
„ ব্রোমাইড	$MnBr_2$ লাল	দ্রবণীয়	—
„ সালফাইড	MnS ফিকে লাল	7×10^{-4}	অ্যাসিড
„ সালফাইট	$MnSO_3 \cdot 3H_2O$ লাল	0·01	„
„ সালফেট	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ফিকে লাল	95	—
„ সিলিকেট	$MnSiO_3$ লাল	অদ্রবণীয়	
	লেড		
লেড অক্সাইড	PbO হলুদ	$1{\cdot}7 \times 10^{-3}$	HNO_3
„ „	PbO_2 বাদামী	অদ্রবণীয়	

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
লেড্ অক্সাইড	Pb_3O_4 লাল	অদ্রবণীয়	HNO_3, NaOH
" আর্সেনেট	Pb_4AsO_4 সাদা	"	NaOH, KI
" আয়োডাইড	PbI_2 হলুদ	0·06	HNO_3
" কার্বনেট	$PbCO_3$ সাদা	$1·1 \times 10^{-4}$	গরম জল, HCl
" ক্লোরাইড	$PbCl_2$ সাদা	0·96	—
" ক্লোরেট	$Pb(ClO_3)_2 \cdot H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	HNO_3
" ক্রোমেট	$PbCrO_4$ হলুদ	7×10^{-6}	HNO_3
" থায়োসালফেট	PbS_2O_3 সাদা	0·03	"
" থায়োসায়ানেট	$Pb(CNS)_2$ সাদা	0·05	—
" নাইট্রেট	$Pb(NO_3)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	HNO_3
" ফসফেট	$Pb_3(PO_4)_2$ সাদা	$1·4 \times 10^{-5}$	"
" ফেরিসায়ানাইড	$Pb_3[Fe(CN)_6]_2 \cdot 6H_2O$ লাল	সামান্য দ্রবণীয়	
" ফেরোসায়ানাইড	$Pb_2Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ ফিকে হলুদ	অদ্রবণীয়	
" ফ্লোরাইড	PbF_2 সাদা	0·064	"
" বোরেট	$Pb(BO_2)_2 \cdot H_2O$ সাদা	অদ্রবণীয়	"
" ব্রোমাইড	$PbBr_2$ সাদা	0·97	"
" সালফাইড	PbS কাল	অদ্রবণীয়	"
" সালফাইট	$PbSO_3$ সাদা	"	"
" সালফেট	$PbSO_4$ সাদা	$4·3 \times 10^{-3}$	NH_4Ac, NaOH

বিসমাথ

বিসমাথ অক্সাইড	Bi_2O_3 হলুদ	অদ্রবণীয়	HCl, HNO_3
" "	Bi_2O_5 বাদামী	"	" "
" আর্সেনেট	$BiAsO_4$ সাদা	"	" "
" আয়োডাইড	BiI_3 কাল	"	$HNO_3 \cdot KI$
" ক্লোরাইড	$BiCl_3$ সাদা	জলবিশ্লেষ	HCl
" ক্রোমেট	$Bi_2(CrO_4)_3$ কমলা	8×10^{-5}	HCl, HNO
" নাইট্রেট	$Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ সাদা	জলবিশ্লেষ	HNO_3
" ফসফেট	$BiPO_4$ সাদা	অদ্রবণীয়	HCl
" ফ্লোরাইড	BiF_3 সাদা	"	"
" ব্রোমাইড	$BiBr_3$ হলুদ	জলবিশ্লেষ	"
" হাইড্রোক্সাইড	$Bi(OH)_3$ সাদা	অদ্রবণীয়	HCl, HNO_3
" সালফাইড	Bi_2S_3 গাঢ় বাদামী	$1 \cdot 8 \times 10^{-5}$	HNO_3
" সালফেট	$Bi_2(SO_4)_3$ সাদা	জলবিশ্লেষ	HCl

বেরিয়াম

বেরিয়াম অক্সাইড	BaO সাদা	$3 \cdot 5$	—
" আর্সেনাইট	$Ba_3(AsO_3)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
" আর্সেনেট	$Ba_3(AsO_4)_2$ সাদা	$0 \cdot 05$	অ্যাসিড
" আয়োডাইড	$BaI_2 \cdot 2H_2O$ সাদা	২২২	—
" কার্বনেট	$BaCO_3$ সাদা	$2 \cdot 2 \times 10^{-8}$	"
" ক্লোরাইড	$BaCl_2 \cdot 2H_2O$ সাদা	৪২	
" ক্লোরেট	$Ba(ClO_3)_2 \cdot H_2O$ সাদা	$35 \cdot 7$	
" ক্রোমেট	$BaCrO_4$ হলুদ	$3 \cdot 4 \times 10^{-4}$	HCl

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
বেরিয়াম থায়োসালফেট	$BaS_2O_3 \cdot H_2O$ সাদা	সামান্য দ্রবণীয়	HCl
„ থায়োসায়ানেট	$Ba(CNS)_2 \cdot 2H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
„ নাইট্রেট	$Ba(NO_3)_2$ সাদা	9·4	—
„ ফসফেট	$Ba_3(PO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	„
„ ফেরিসায়ানাইড	$Ba_3[Fe(CN)_6]_2 \cdot 20H_2O$	দ্রবণীয়	
„ ফেরোসায়ানাইড	$Ba_2Fe(CN)_6 \cdot 6H_2O$	0·17	
„ ক্লোরাইড	BaF_2 সাদা	0·16	
„ বোরেট	$Ba(BO_2)_2$ সাদা	সামান্য দ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ব্রোমাইড	$BaBr_2$ সাদা	104	—
„ সালফাইট	$BaSO_3$ সাদা	0·02	HCl
„ সালফেট	$BaSO_4$ সাদা	$2 \cdot 5 \times 10^{-4}$	অম্লরাজে অদ্রবণীয়
„ সিলিকেট	$BaSiO_3$ সাদা	অদ্রবণীয়	HCl
		স্ট্রনসিয়াম	
স্ট্রনসিয়াম অক্সাইড	SrO সাদা	0·68	অ্যাসিড
„ আর্সেনাইট	$Sr_3(AsO_3)_2$ সাদা	দ্রবণীয়	—
„ আর্সেনেট	$Sr_3(AsO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	HCl, HNO_3
„ আয়োডাইড	$SrI_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	দ্রবণীয়	—
„ কার্বনেট	$SrCO_3$ সাদা	1×10^{-8}	অ্যাসিড
„ ক্লোরাইড	$SrCl_2 \cdot 6H_2O$ সাদা	89	—
„ ক্লোরেট	$Sr(ClO_3)_2 \cdot 5H_2O$ সাদা	234	—

ষ্ট্রনসিয়াম ক্রোমেট	$SrCrO_4$ হলদ	0·12	অ্যাসিড
„ থায়োসালফেট	$SrS_2O_3 \cdot 5H_2O$ সাদা	30	—
„ থায়োসায়ানেট	$Sr(CNS)_2 \cdot 3H_2O$	দ্রবণীয়	—
„ নাইট্রাইট	$Sr(NO_2)_2$ সাদা	„	—
„ নাইট্রেট	$Sr(NO_3)_2$ সাদা	„	—
„ ফসফেট	$Sr_3(PO_4)_2$ সাদা	অদ্রবণীয়	অ্যাসিড
„ ফেরোসায়ানাইড	$Sr_2Fe(CN)_6 \cdot 15H_2O$	50	—
„ ফ্লোরাইড	SrF_2 সাদা	0·012	HCl
„ বোরেট	$Sr(BO_2)_2 \cdot 5H_2O$ সাদা	0·23	„
„ ব্রোমাইড	$SrBr_2$ সাদা	104	—
„ হাইড্রোক্সাইড	$Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O$ সাদা	1·74	অ্যাসিড
„ সালফাইট	$SrSO_3$ সাদা	$3 \cdot 3 \times 10^{-8}$	„
„ সালফেট	$SrSO_4$ সাদা	0·01	অম্লরাজে অদ্রবণীয়
„ সিলিকেট	$SrSiO_3 \cdot H_2O$ সাদা	অদ্রবণীয়	

সিলভার

সিলভার অক্সাইড	Ag_2O বাদামী	$1 \cdot 2 \times 10^{-2}$	HNO_3, NH_4OH
„ আর্সেনাইট	Ag_3AsO_3 হলদ	$1 \cdot 3 \times 10^{-8}$	„ „
„ আর্সেনেট	Ag_3AsO_4 লাল	$8 \cdot 5 \times 10^{-4}$	„ „
„ আয়োডাইড	AgI হলদ	$3 \cdot 5 \times 10^{-7}$	অম্লরাজে অদ্রবণীয়
„ কার্বনেট	Ag_2CO_3 হলদ	$3 \cdot 3 \times 10^{-8}$	HNO_3, NH_4OH
„ ক্লোরাইড	$AgCl$ সাদা	$2 \cdot 1 \times 10^{-4}$	NH_4OH
„ ক্লোরেট	$AgClO_3$ সাদা	10	—

নাম	সংকেত ও রঙ	জলে দ্রবণীয়তা গ্রাম/100 মি.লি. জল	অন্যান্য দ্রাবকে দ্রবণীয়তা
		সিলভার	
সিলভার ক্রোমেট	Ag_2CrO_4 লাল	$2{\cdot}8 \times 10^{-3}$	HNO_3, NH_4OH
„ থায়োসালফেট	$Ag_2S_2O_3$ সাদা	সামান্য দ্রবণীয়	NH_4OH
„ থায়োসায়ানেট	$AgCNS$ সাদা	$2{\cdot}1 \times 10^{-5}$	„
„ নাইট্রাইট	$AgNO_2$ সাদা	0·36	HNO_3
„ নাইট্রেট	$AgNO_3$ সাদা	227	—
„ ফসফেট	Ag_3PO_4 হলুদ	$6{\cdot}5 \times 10^{-4}$	HNO_3, NH_4OH
„ ফেরিসায়ানাইড	$Ag_3Fe(CN)_6$ কমলা	$6{\cdot}6 \times 10^{-5}$	„ „
„ ফেরোসায়ানাইড	$Ag_4Fe(CN)_6{\cdot}H_2O$ হলুদ	অদ্রবণীয়	KCN
„ ফ্লোরাইড	AgF হলুদ	182	—
„ বোরেট	$AgBO_2$ সাদা	0·9	HNO_3, NH_4OH
„ ব্রোমাইড	$AgBr$ হলুদ	$8{\cdot}4 \times 10^{-6}$	গাঢ় NH_4OH
„ সালফাইড	Ag_2S কাল	অদ্রবণীয়	HNO_3
„ সালফাইট	Ag_2SO_3 সাদা	খুব সামান্য দ্রবণীয়	HNO_3, NH_4OH
„ সালফেট	Ag_2SO_4 সাদা	0·8	„ „
		সোডিয়াম	
সোডিয়াম আর্সেনাইট	Na_2HAsO_3 সাদা	দ্রবণীয়	
„ আর্সেনেট	$Na_2HAsO_4{\cdot}12H_2O$ সাদা	„	
„ আয়োডাইড	NaI সাদা	দ্রবণীয়	
„ কার্বনেট	Na_2CO_3 সাদা	21·4	

”	ক্লোরাইড	$NaCl$ সাদা	36
”	ক্লোরেট	$NaClO_3$ সাদা	99
”	ক্রোমেট	Na_2CrO_4 হল্‌দ	82
”	থায়োসালফেট	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ সাদা	110
”	থায়োসায়ানেট	$NaCNS$ সাদা	দ্রবণীয়
”	নাইট্রাইট	$NaNO_2$ হল্‌দ	84
”	নাইট্রেট	$NaNO_3$ সাদা	88
”	ফসফেট	$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ সাদা	28·3
”	”	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ সাদা	19·7
”	ফেরিসায়ানাইড	$Na_3Fe(CN)_6 \cdot H_2O$ লাল	19
”	ফেরোসায়ানাইড	$Na_4Fe(CN)_6 \cdot 10H_2O$ হল্‌দ	30
”	ফ্লোরাইড	NaF সাদা	4·2
”	বোরেট	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ সাদা	7·9
”	ব্রোমাইড	$NaBr$ সাদা	দ্রবণীয়
”	সালফাইড	$Na_2S \cdot 9H_2O$ সাদা	56
”	সালফাইট	Na_2SO_3 সাদা	25·8
”	সালফেট	Na_2SO_4 সাদা	19·5
”	” (বাই)	$NaHSO_4$ সাদা	দ্রবণীয়
”	সিলিকেট	Na_2SiO_3 সাদা	”

চতুর্থ ভাগ

মাত্রিক বিশ্লেষণ (*Quantitative Analysis*)

নবম অধ্যায়

আয়তনিক (অনুমাপন) বিশ্লেষণ (*Volumetric Analysis*)

9, 1. অম্লমিতি এবং ক্ষারমিতি (*Acidimetry and Alkalimetry*) অ্যাসিড-ক্ষারক অনুমাপন (*Acid-base titration*)

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অথবা প্রশমন বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড, বোরাক্স, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড, সাক্সিনিক অ্যাসিড, ইত্যাদি সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এদের মধ্যে প্রাথমিক প্রমাণদ্রব (Primary Standard) হিসাবে সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3), বোরাক্স ($Na_2B_4O_7, 10H_2O$), অক্সালিক অ্যাসিড ($H_2C_2O_4$, $2H_2O$) এবং সাক্সিনিক অ্যাসিড {$(CH_2COOH)_2$}, ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য ক্ষারক অথবা অ্যাসিড, যারা প্রাথমিক প্রমাণদ্রব হিসাবে উপযুক্ত নয়, তাদের মোটামুটি নির্দিষ্ট মাত্রার কাছাকাছি একটা দ্রবণ প্রথমে তৈরী করা হয়, তারপর উপযুক্ত প্রাথমিক প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন দ্বারা ঐ দ্রবণকে প্রমিত (standardize) করা হয়।

9, 2. প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিকরণ (*Preparation of standard solutions*)

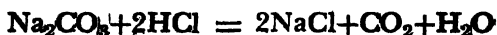
বিভিন্ন প্রমাণ দ্রবণের প্রস্তুত প্রণালী আগেই বিশদ আলোচনা করা হয়েছে (চতুর্থ অধ্যায়, 4, 7 পরিচ্ছেদ দেখ)। এখানে কয়েকটি প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব নিয়ে তাদের নির্দিষ্ট মাত্রায় প্রমাণ দ্রবণ তৈরীর কথা উল্লেখ করব।

(ক) **সোডিয়াম কার্বনেট** (Na_2CO_3)—একটি পরিষ্কার প্লাটিনাম অথবা পর্সেলীন পাত্রে বৈশ্লেষিক বিকারক * $NaHCO_3$ কিছু নিয়ে অল্প তাপে উত্তপ্ত করলে $NaHCO_3$ বিযোজিত হয়ে Na_2CO_3 উৎপন্ন হয় এবং CO_2 ও H_2O বের হয়ে চলে যায়। অল্প তাপে (260°-270° সে.) সর্বক্ষণ নাড়া দিতে দিতে 60—90 মিনিট উত্তপ্ত করা হয় এবং লক্ষ্য রাখা হয় যেন উচ্চতাপে গলন (fusion) না হয়। যদি 270° সে. তাপের উপরে উত্তপ্ত করা হয় তাহলে Na_2CO_3 হতে CO_2 বের হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এখন পাত্র সহ শোষকাধারে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হয়। এরপর পুনরায় একই পদ্ধতি অনুসারে উত্তপ্ত করে, ঠাণ্ডা করে

---

* বৈশ্লেষিক বিকারক বলতে বোঝায় Analytical Reagent

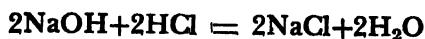
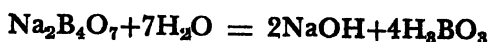
ওজন নেওয়া হয়। ওজন একই হলে বুঝতে হবে $NaHCO_3$-র বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়েছে, ওজন এক না হলে পুনরায় একই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত করতে হবে। এইভাবে প্রাপ্ত Na_2CO_3-কে বলা হয় অনার্দ্র Na_2CO_3। যদি বৈশ্লেষিক বিকারক Na_2CO_3 সরাসরি বাজারে কিনতে পাওয়া যায়, তাহলে ওতেই কাজ চলে, কিন্তু দ্রবণ তৈরীর আগে কিছুক্ষণ 110° সে. তাপে উত্তপ্ত করে জলীয় বাষ্প মুক্ত করে নেওয়া প্রয়োজন।

$$Na_2CO_3+2HCl = 2NaCl+CO_2+H_2O$$

উপরের সমীকরণ হতে আমরা জানি Na_2CO_3-র গ্রামতুল্যাংক = 53 গ্রাম। এখন 1.3250 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 সঠিকভাবে ওজন করে 250 মি. লি. মাপক কূপীতে (measuring flask) নিয়ে পাতিত জল মিশিয়ে দ্রবীভূত করার পর ঐ দ্রবণের আয়তন 250 মি. লি. ঠিক রাখলে দশাংশ-তুল্য-দ্রবণ (N/10) অথবা ডেসি-নরম্যাল দ্রবণ পাওয়া যায়। কিন্তু সঠিকভাবে 1.3250 গ্রাম Na_2CO_3 ওজন করে নেওয়া দুষ্কর। সেজন্য ঐ ওজনের কাছাকাছি পরিমাণ Na_2CO_3 সঠিকভাবে ওজন করে নিয়ে 250 মি. লি. মাপক-কূপীতে দ্রবীভূত করা হয়। মনে করে x গ্রাম Na_2CO_3 সঠিকভাবে ওজন করে মাপক-কূপীতে জলে দ্রবীভূত করে 250 মি. লি. আয়তনে রাখা হল, তাহলে Na_2CO_3 দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা $= \frac{x \times 0{\cdot}1}{1{\cdot}3250}$ (N)।

(খ) বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$)—সোডিয়াম কার্বনেট অপেক্ষা বোরাক্স ব্যবহার করার কয়েকটা সুবিধা আছেঃ (ক) এর গ্রাম তুল্যাংক বেশ বেশী, 190.72 ; (খ) সহজে এবং সস্তায় পুন-কেলাসন (recrystallisation) দ্বারা বিশুদ্ধ করা যায় ; (গ) বারংবার উত্তপ্ত করে ওজন স্থিরীকরণের প্রয়োজন হয় না ; (ঘ) বস্তুতপক্ষে এটি জলাকর্ষী নয় ; (ঙ) মিথাইল রেড সূচক ব্যবহার করলে পরীক্ষাগারের তাপে একটা স্পষ্ট অন্তবিন্দু নির্দেশ করে।

বৈশ্লেষিক বিকারক বোরাক্স বাজারে পাওয়া না গেলে, পাতিত জলে পুনঃ-কেলাসন করে বিশুদ্ধ করে নিতে হয়। 15 গ্রাম বোরাক্স সাধারণতঃ 50 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করে পুনঃ-কেলাসন করা হয়। পুনঃ-কেলাসনের সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন তাপমাত্রা 55° সে. থেকে বেশী না হয় ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O \xrightarrow{61^\circ \text{সে.}} Na_2B_4O_7{\cdot}5H_2O$)। কেলাসগুলি পাম্পের সাহায্যে ছেঁকে নিয়ে দুবার পাতিত জল দিয়ে ধুয়ে নেওয়া হয়, তারপর দুবার 95% অ্যালকোহল ও দুবার ইথার দ্রাবক দিয়ে ধুয়ে নেওয়া হয়। ধুয়ে

নেওয়ার পর শোষণ-পাম্প (suction pump) দ্বারা যতখানি সম্ভব দ্রাবক শোষণ করে দূর করা হয়, তারপর সাধারণ তাপমাত্রায় ঘড়ি কাচে পাতলা করে ছড়িয়ে রেখে 12—16 ঘণ্টা বাতাসে শুষ্ক করা হয়। এই শুষ্ক বোরাক্স ভালভাবে ছিপি লাগান বোতলে রাখলে 3—4 সপ্তাহ অপরিবর্তিত অবস্থায় থাকে।

$$Na_2B_4O_7+7H_2O = 2NaOH+4H_3BO_3$$
$$2NaOH+2HCl = 2NaCl+2H_2O$$
$$Na_2B_4O_7+2HCl+5H_2O = 2NaCl+4H_3BO_3$$

উপরের সমীকরণ হতে আমরা জানি, বোরাক্সের গ্রাম-তুল্যাংক = 190·72 গ্রাম। মনে কর x গ্রাম $Na_2B_4O_7$, $10H_2O$ সঠিকভাবে ওজন করে মাপ-কুপীতে জল মিশিয়ে দ্রবীভূত করে 250 মি. লি. আয়তনে রাখা হল, তাহলে $Na_2B_4O_7$, $10H_2O$ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা = $\frac{x \times 0\cdot1}{4\cdot7680}$ (N)

x-র মান 4·7 গ্রামের কাছাকাছি রাখার চেষ্টা করা হয়।

(গ) অক্সালিক অ্যাসিড $\{(COOH)_2, 2H_2O\}$—বৈশ্লেষিক বিকারক অ্যাসিড বাজারে কিনতে পাওয়া যায় এবং প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে ব্যবহার করা হয়। কিন্তু কেলাসের মধ্যে জলের মাত্রা সকল অবস্থায় স্থির থাকে না, সম্ভবতঃ সেই কারণে অক্সালিক অ্যাসিড নিয়ে প্রাথমিক স্তরে ক্ষারক প্রমিত করণ পদ্ধতি সুপারিশ করলেও সকল ক্ষেত্রে অনেকে সুপারিশ করেন না।

অক্সালিক অ্যাসিডের, গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 63·034 গ্রাম। অতএব যদি এক লিটার দ্রবণে x গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড থাকে তবে অক্সালিক অ্যাসিডের দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা = $\frac{x}{63\cdot034}$ (N)।

(ঘ) সাক্সিনিক অ্যাসিড $\{(CH_2COOH)_2\}$—বৈশ্লেষিক বিকারক অবস্থায় বাজারে কিনতে পাওয়া যায়। অ্যাসিটোন দ্রাবকে দ্রবীভূত করে সাক্সিনিক অ্যাসিড পুনঃ কেলাসন করা হয়। সুতরাং বিশুদ্ধ অবস্থায় না পাওয়া গেলে পরীক্ষাগারে পুনঃ কেলাসন দ্বারা বিশুদ্ধ করে নেওয়া যায় এবং অনুপ্রেষ (vacuum) শোষকাধারে রেখে শুকান হয়। গলনাংক (185—185·5° সে.) দেখে বিশুদ্ধতা যাচাই করা যায়। এই অ্যাসিড জলে মোটামুটি দ্রবণীয় (fairly soluble) এবং ফেনল থলিন্ সূচক অনুমাপনের সময় ব্যবহার করা হয়।

সাক্‌সিনিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 59 \cdot 045$ গ্রাম। অতএব যদি এক লিটার দ্রবণে x গ্রাম সাক্‌সিনিক অ্যাসিড থাকে তবে সাক্‌সিনিক অ্যাসিডের দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা $= \frac{x}{59 \cdot 045}$ (N)।

9, 3· মোটামুটি গাঢ়ত্ব মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতিকরণ (*Preparation of solutions of approximate strength*)

(ক) HCl : গাঢ় রাসায়নিক-বিশুদ্ধ (chemically pure) অ্যাসিড বলতে বোঝায় HCl গ্যাসের জলীয় দ্রবণ। যদি (Twaddle Hydrometer) সাহায্যে ঐ জলীয় দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব (Sp. gr.) দেখা যায় 1·18, তাহলে ঐ দ্রবণে থাকবে $35 \cdot 39\%$ HCl গ্যাস অর্থাৎ 100 গ্রাম জলীয় দ্রবণে থাকবে $35 \cdot 39$ গ্রাম HCl গ্যাস।

এখন এক লিটার তুল্য দ্রবণে HCl থাকবে $36 \cdot 5$ গ্রাম। অতএব $36 \cdot 5$ গ্রাম HCl নিতে হলে, ঐ জলীয় দ্রবণ নিতে হবে $\frac{36 \cdot 5 \times 100}{35 \cdot 39}$ গ্রাম এবং এর আয়তন হবে $\frac{36 \cdot 5 \times 100}{35 \cdot 39 \times 1 \cdot 18}$ মি· লি· $= 87 \cdot 40$ মি. লি.

পরীক্ষাগারে গাঢ় HCl-র মাত্রা থাকে মোটামুটি 12(N)। সুতরাং ঐ গাঢ় HCl $83 \cdot 30$ মি· লি· মেপে নিয়ে জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন করলে মোটামুটি তুল্য দ্রবণ পাওয়া যাবে। এখন সঠিক মাত্রা পেতে হলে কোন প্রমাণ ক্ষারক দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন করে তা বের করতে হবে।

(খ) H_2SO_4 : পরীক্ষাগারে গাঢ় H_2SO_4-র মাত্রা থাকে মোটামুটি 36 (N)। HCl-র ক্ষেত্রে যেমন আপেক্ষিক গুরুত্ব (Sp. gr.) থেকে তুল্য দ্রবণ প্রস্তুত করার কথা আলোচনা করা হয়েছে, এক্ষেত্রেও একইভাবে তুল্য-দ্রবণ তৈরী করা যায়। তবে সাধারণতঃ গাঢ় H_2SO_4-র মাত্রা 36 (N) ধরে নিয়ে নির্দিষ্ট পরিমাণ জল মিশিয়ে প্রয়োজনীয় মাত্রার তুল্য দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

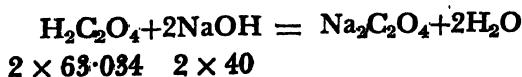
(গ) NaOH এবং KOH : সোডিয়াম হাইড্রোক্‌সাইড এবং পটাসিয়াম হাইড্রোক্‌সাইড বিশুদ্ধ অবস্থায় বেশীদিন রাখা যায় না এবং তুলায় ওজন করে সঠিক মাত্রার দ্রবণ তৈরী করা যায় না। এগুলি বাতাস হতে জলীয় বাষ্প এবং কার্বন-ডাই-অক্‌সাইড শোষণ করে। সাধারণ তুলায় কাচের পাত্রে নিয়ে NaOH অথবা KOH ওজন করা হয়। মোটামুটিভাবে ওজন নিয়ে মোটামুটি গাঢ়ত্ব মাত্রার দ্রবণ তৈরী করা হয়, তারপর প্রমাণ অ্যাসিডের সাথে অনুমাপনের দ্বারা প্রমিত করা হয়। প্রমাণ দ্রবণ তৈরী

করে বেশিক্ষণ রাখা যায় না। প্রতিদিন প্রমিত করে নেওয়া উচিত। কার্বনেট মুক্ত NaOH দ্রবণ পেতে হলে আয়ন-বিনিময় রেজিন স্তরের (ion exchange resin bed) মধ্য দিয়ে টাট্‌কা তৈরী NaOH দ্রবণ প্রবাহিত করে নেওয়া প্রয়োজন।

9. 4. প্রমাণ অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণ (1·02N/10) নিয়ে NaOH দ্রবণ প্রমিতকরণ [*Standardization of* NaOH *solution by Oxalic Acid* (1·02N/10)]—পার্থক্য পদ্ধতি অনুসারে অক্‌সালিক অ্যাসিড ওজন করে নেওয়া হল এবং দেখা গেল এক লিটার মাপক-কূপীতে 6·4295 গ্রাম অক্‌সালিক নেওয়া হয়েছে। তাহলে প্রমাণ অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা হবে = 1·02N/10।

অক্‌সালিক অ্যাসিড হচ্ছে একটি ক্ষীণ (weak) অ্যাসিড এবং সোডিয়াম হাইড্রোক্‌সাইড হচ্ছে একটি তীব্র ক্ষার। সুতরাং যখন জলীয় দ্রবণে তাদের প্রশমন বিক্রিয়া হয় তখন অন্তবিন্দুতে দ্রবণের pH মান 8·7-র কাছাকাছি থাকে।

আমরা জানি ফেনল্‌থলিন সূচকের পরিবর্তনের মধ্যবর্তী সীমা হচ্ছে pH 8·0—pH 9·8। অতএব এক্ষেত্রে ফেনল্‌থলিন্ সূচক হিসাবে কার্যকরী ও উপযোগী হবে।

$$H_2C_2O_4 + 2NaOH = Na_2C_2O_4 + 2H_2O$$
$$2 \times 63{\cdot}034 \quad 2 \times 40$$

কার্যপ্রণালী: পিপেটের সাহায্যে 25 মি. লি. NaOH দ্রবণ নিয়ে 250 মি. লি. শংকু-কূপীতে ঢাল। দু-ফোঁটা ফেনল্‌থলিন্ সূচক দ্রবণ মেশাও। দ্রবণটি লাল-গোলাপী বর্ণের হবে। এখন একটি ব্যুরেটে অক্‌সালিক অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ নাও (সপ্তম অধ্যায় 7, 14 দেখ) এবং ফোঁটায় ফোঁটায় শংকু-কূপীতে ফেলে মেশাও। যদি NaOH দ্রবণের মাত্রা মোটামুটি N/10 থাকে, তাহলে অন্তবিন্দু পর্যন্ত 25 মি. লি. কাছাকাছি অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণ মেশাতে হবে। অন্তবিন্দুতে সূচকের রঙের পরিবর্তন হবে **লাল হতে বর্ণহীন** অর্থাৎ শংকু-কূপীতে দ্রবণের রঙ অদৃশ্য হলে বুঝতে হবে অন্ত-বিন্দু পার হয়ে গেছে। অক্‌সালিক অ্যাসিডের যে ফোঁটায় দ্রবণের রঙ অদৃশ্য হবে সেই ফোঁটা পর্যন্ত অক্‌সালিক অ্যাসিডের আয়তন ব্যুরেট থেকে খাতায় নীচের সারণি অনুযায়ী লিপিবন্ধ করতে হবে। অনুমাপনের সময় শংকু-কূপীর গায়ে কোন বিকারক দ্রবণের ফোঁটা লেগে থাকলে তৎক্ষণাৎ সেটি জলে ধুয়ে

মূল দ্রবণের সাথে মিশিয়ে ফেলতে হবে। লক্ষ্য রাখতে হবে অন্ত-বিন্দু নির্ধারণের পর যেন এক ফোঁটাও বেশী দ্রবণ ব্যুরেট হতে না পড়ে।

এইভাবে কয়েকবার একই পরিমাণ NaOH দ্রবণ নিয়ে প্রমাণ অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের সাথে অনুমাপন করা হয় এবং খাতায় লিপিবদ্ধ কাছাকাছি মানগুলির গড় নেওয়া হয়।

হিসাব :

ক্রমিক নম্বর	পিপেট পাঠ মি. লি.	ব্যুরেট পাঠ প্রাথমিক মি. লি.	ব্যুরেট পাঠ শেষ মি. লি.	ব্যুরেট পাঠের পার্থক্য মি. লি.	গড় মি. লি.
1	25	0	24·50	24·50	
2	25	0	24·60	24·60	24·55
3	25	0	24·55	24·55	
4	25	0	24·55	24·55	

প্রথম ওজন = তোলন বোতল + অক্সালিক অ্যাসিড = 21·5718 গ্রাম
দ্বিতীয় ওজন = " + অবশিষ্ট " = 15·1423 গ্রাম
এখন, অক্সালিক অ্যাসিড নেওয়া হয়েছে = (21·5718—15·1423) গ্রাম
= 6·4295 গ্রাম/1000 মি· লি·

অতএব অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা $= \frac{6{\cdot}4295}{6{\cdot}3034}\frac{N}{10}$

$= 1{\cdot}02\frac{N}{10}$

V_1 = NaOH দ্রবণের আয়তন = 25 মি· লি·
S_1 = NaOH দ্রবণের মাত্রা = ?
V_2 = অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন = 24·55 মি· লি.
$S_2 = 1{\cdot}02\ N/_{10}$
$V_1S_1 = V_2S_2$

অথবা $S_1 = \frac{V_2S_2}{V_1} = \frac{24{\cdot}55 \times 1{\cdot}02}{25}\frac{N}{10} = 1{\cdot}002\frac{N}{10}$ তুল্যাঙ্কমাত্রা

= 0·1002 (N)
= (0·1002 × 40) গ্রাম NaOH/লিটার
= 4·008 গ্রাম NaOH/লিটার গাঢ়ত্বমাত্রা

তাহলে দেখছি, দুরকম উপায়ে দ্রবণের মাত্রা প্রকাশ করা যায়। প্রথমে তুল্যাঙ্কমাত্রা (নরম্যালিটি) হিসাবে প্রকাশ করা হয়। তারপরে তুল্যাঙ্কমাত্রাকে দ্রবের তুল্যাঙ্ক-ভার দিয়ে গুণ করলে প্রতি লিটারে বিকারক দ্রব কতখানি আছে অর্থাৎ গাঢ়ত্ব-মাত্রা প্রকাশ পায়। এইভাবে অক্‌সালিক অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ নিয়ে অন্যান্য ক্ষার দ্রবণ প্রমিতকরণ সম্ভব। অক্‌সালিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অন্য প্রাথমিক প্রমাণ অ্যাসিড দ্রব, যেমন সাক্‌সিনিক অ্যাসিড, ব্যবহার করা যায়। শুধু তাই না এইভাবে প্রমিত ক্ষার দ্রবণ নিয়ে অন্য অ্যাসিডের প্রমিতকরণ সম্ভব। যেমন, অক্‌সালিক অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ নিয়ে NaOH দ্রবণ প্রমিত করা হয়েছে। এখন এই NaOH দ্রবণ দ্বারা HCl অথবা H_2SO_4 অথবা অন্য কোন অ্যাসিড দ্রবণ প্রমিত করা যায়।

9, 5· প্রমাণ অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণ নিয়ে HCl দ্রবণ প্রমিতকরণ— প্রথমে অক্‌সালিক অ্যাসিডের একটি $N/_{10}$ প্রমাণ দ্রবণ এবং NaOH-র একটি মোটামুটি $N/_{10}$ দ্রবণ তৈরী করা হয়। তারপর উপরোক্ত প্রণালী অনুসারে NaOH দ্রবণকে প্রমিত করা হয়। এখন এই প্রমিত NaOH নিয়ে একই কার্য-প্রণালী অনুসরণ করে HCl দ্রবণ অনুমাপন, তথা প্রমিতকরণ করা হয়।

মনে কর, $V_1 =$ NaOH দ্রবণের আয়তন
$S_1 =$ NaOH দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা
$V_2 =$ অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন
$S_2 =$ অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা
$V_3 =$ HCl দ্রবণের আয়তন
$S_3 =$ HCl দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা

এখন $V_1S_1 = V_2S_2$
$V_1S_1 = V_3S_3$

যেহেতু NaOH দ্রবণের আয়তন এবং তুল্যাঙ্কমাত্রা উভয় অনুমাপনে একই থাকছে, $V_2 \ S_2 = V_3 \ S_3$

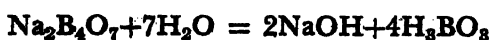
অথবা $$S_3 = \frac{V_2S_2}{V_3}$$

অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন ব্যুরেট পাঠ থেকে পাচ্ছি, অক্‌সালিক অ্যাসিড দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা প্রমাণ দ্রবণ থেকে পাচ্ছি, এবং HCl দ্রবণের আয়তন ব্যুরেট পাঠ থেকে পাচ্ছি। সুতরাং HCl দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা, S_3, সহজে অংক কষে বের করা যাবে।

9. 6. প্রমাণ বোরাকস্ দ্রবণ নিয়ে HCl দ্রবণ প্রমিতকরণ

পার্থক্য-পদ্ধতি অনুসারে বোরাক্স ওজন করে নেওয়া হল এবং দেখা গেল 250 মি. লি. মাপক কুপীতে 4·6680 গ্রাম বোরাক্স নেওয়া হয়েছে। তাহলে প্রমাণ বোরাক্স দ্রবণের মাত্রা হবে $= 0\cdot9702\ N/_{10}$

$$Na_2B_4O_7+7H_2O = 2NaOH+4H_3BO_3$$
$$2NaOH+2HCl = 2NaCl+2H_2O$$

$$Na_2B_4O_7+2HCl+5H_2O = 2NaCl+4H_3BO_3$$

$$381\cdot44 \qquad 2\times36\cdot47$$

HCl হচ্ছে একটি তীব্র অ্যাসিড এবং NaOH হচ্ছে একটি তীব্র ক্ষার। সুতরাং যখন জলীয় দ্রবণে তাদের প্রশমন বিক্রিয়া হয় তখন অন্তবিন্দুতে দ্রবণের pH মান 7-র কাছাকাছি থাকে। এস্থলে মিথাইল অরেঞ্জ অথবা মিথাইল রেড সূচক দ্রবণ ব্যবহার করা হয়ে থাকে। অন্তবিন্দুতে রঙের পরিবর্তন হবে **ফিকে হলুদ থেকে লাল।**

কার্য-প্রণালীঃ আগের মতই পিপেট দ্বারা 25 মি. লি. বোরাক্স দ্রবণ মাপক-কুপী হতে শংকু-কুপীতে স্থানান্তরিত করা হল। এখন দু-ফোঁটা মিথাইল রেড সূচক দ্রবণ মিশিয়ে ব্যুরেট হতে HCl দ্রবণ ঢাল। দ্রবণের রঙ লাল হয়ে গেলে কতখানি HCl দ্রবণ লাগল তা ব্যুরেট পাঠ থেকে লিপিবদ্ধ কর। এইভাবে কয়েকবার ঐ বোরাক্স দ্রবণ নিয়ে HCl মিশিয়ে অনুমাপন কর এবং প্রত্যেকবারই ব্যুরেট পাঠ লিপিবদ্ধ কর। দেখা যাবে একই আয়তনের বোরাক্স দ্রবণের জন্য প্রত্যেকবার একই আয়তনের (কাছাকাছি) HCl দ্রবণ লাগছে। ব্যুরেট পাঠের মধ্যে পার্থক্য 0·05-র বেশী হলে বুঝতে হবে অনুমাপনে ভ্রম হয়েছে।

হিসাবঃ

$V_1 =$ বোরাক্স দ্রবণের আয়তন $= 25$ মি. লি.

$S_1 =$ বোরাক্স দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা $= 0\cdot9792\ N/_{10}$

$V_2 =$ HCl দ্রবণের আয়তন $= 24$ মি. লি. (ব্যুরেট পাঠ থেকে)

$S_2 =$ HCl দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা $= ?$

$$S_2 = \frac{V_1S_1}{V_2} = \frac{25\times0\cdot9792}{24}\ \frac{N}{10}$$

$$= \frac{25\times0\cdot9792\times36\cdot47}{24\times10}$$ গ্রাম HCl/লিটার (গাঢ়ত্বমাত্রা)

এইভাবে প্রমিত HCl দ্রবণ নিয়ে একই কার্য-প্রণালী অনুসরণ করে

NaOH দ্রবণ, অথবা KOH দ্রবণ, অথবা অন্য কোন ক্ষারক দ্রবণ প্রমিতকরণ সম্ভব। Na_2CO_3 দ্রবণ প্রমিতকরণের সময় মিথাইল অরেঞ্জ সূচক দ্রবণ ব্যবহার করা বিধেয়।

মনে কর,

$V_3 =$ NaOH দ্রবণের আয়তন $= 25$ মি. লি. (পিপেট পাঠ থেকে)

$S_3 =$ NaOH দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা $=$?

$V_2 =$ HCl দ্রবণের আয়তন $= 26$ মি. লি. (ব্যুরেট পাঠ থেকে)

$$S_2 = \frac{25 \times 0{\cdot}9792}{24} \frac{N}{10}$$

এখন $V_2S_2 = V_3S_3$

$$\therefore\ S_3 = \frac{V_2S_2}{V_3} = \frac{26 \times 25 \times 0{\cdot}9792}{24 \times 25} \frac{N}{10}$$

$$= \frac{26 \times 25 \times 0{\cdot}9792 \times 40}{24 \times 25 \times 10}$$ গ্রাম NaOH/লিটার (গাঢ়ত্বমাত্রা)

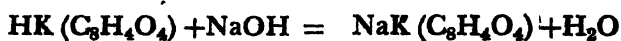
9, 7. অম্লমিতি এবং ক্ষারমিতিতে অন্যান্য প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব—
যে সমস্ত প্রাথমিক প্রমাণ দ্রবের কথা আগেই আলোচনা করা হয়েছে, সেগুলি ছাড়া আরও অনেক প্রাথমিক দ্রবের উল্লেখ অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে দেখতে পাই। তাদের মধ্যে কয়েকটার সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করছি।

(ক) **বেনজোয়িক অ্যাসিড** (C_6H_5COOH; তুল্যাঙ্ক-ভার $= 122{\cdot}12$)—বাজারে প্রাপ্ত A.R.* মার্কা অ্যাসিড সাধারণতঃ 99·9% বিশুদ্ধ হয় এবং তা নিয়ে কাজ করা চলে। বিশুদ্ধ অ্যাসিড প্লাটিনাম মুচিতে নিয়ে 130° সে. তাপে গলিয়ে শুকিয়ে নিলে ভ্রমমাত্রা কম হয়। বেনজোয়িক অ্যাসিড জলে অদ্রবণীয়, সেজন্য 95% অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে অনুমাপন করা হয়। মনে কর, একটি $N/_{10}$ মাত্রার KOH ক্ষারক দ্রবণ অনুমাপন করতে হবে। সঠিকভাবে 0·3 গ্রাম বেনজোয়িক অ্যাসিড ওজন করে শংকু-কূপীতে নাও, 20 মি. লি. অ্যালকোহলে দ্রবীভূত কর, 30 মি. লি. পাতিত জল ও দু ফোঁটা ফেনল্‌থলিন্‌ সূচক দ্রবণ মিশিয়ে ব্যুরেট হতে KOH দ্রবণ ঢেলে অনুমাপন কর। 20 মি. লি. অ্যালকোহল +30 মি. লি. পাতিত জল নিয়ে দু ফোঁটা সূচক দ্রবণ মিশিয়ে **মাপ্যহীন অনুমাপন** (blank titration) করে নেওয়া ভাল। প্রয়োজন হলে, মাপ্যহীন অনু-

* A.R. = Analytical Reagent.

প্রশমনে যতখানি KOH দ্রবণ লেগেছে ঠিক ততখানি মূল অনুমাপন হতে বাদ দিতে হবে।

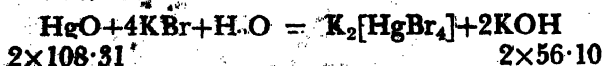
(খ) **পটাসিয়াম হাইড্রোজেন থ্যালেট** ($KHC_8H_4O_4$; তুল্যাঙ্ক-ভার = 204·22)—বাজারে প্রাপ্ত A. R. মার্কা লবণ 99·9% বিশুদ্ধ হয়। ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত হয় না। গরম জলে দ্রবীভূত করে অনুমাপন করতে হয়। ফেনল্‌থ্যলিন্‌ অথবা থাইমল ব্লু সূচক দ্রবণের সাহায্যে যে কোন তীব্র ক্ষার দ্রবণ অনুমাপন করা যায়। জলাকর্ষী নয়।

$$HK(C_8H_4O_4) + NaOH = NaK(C_8H_4O_4) + H_2O$$

(গ) **পটাসিয়াম বাই-আয়োডেট** {$KH(IO_3)_2$; তুল্যাঙ্ক-ভার = 389·95}—অনার্দ্র অবস্থায় পাওয়া যায়। জলাকর্ষী নয়, কিন্তু জলে মোটামুটি দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণ অনেকদিন অবিযোজিত অবস্থায় থাকে এবং তীব্র অ্যাসিড দ্রবণ হিসাবে বিক্রিয়া ঘটায়। সুতরাং মিথাইল রেড সূচক ব্যবহার করে তীব্র ক্ষার অনুমাপন করা যায়।

(ঘ) **পটাসিয়াম বাই-টারট্রেট** ($KHC_4H_4O_6$; তুল্যাঙ্ক-ভার = 188·18)—A. R. মার্কা হলে 99·9% বিশুদ্ধ হবে গরম জলে দ্রবীভূত করে ফেনল্‌-থ্যলিন্‌ সূচক ব্যবহার করে অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার দ্রবণ অনুমাপন করা যায়।

(ঙ) **অ্যাডিপিক অ্যাসিড** {$CH_2CH_2COOH)_2$; তুল্যাঙ্ক-ভার = 73·07}—বাজারে প্রাপ্ত C. P.* মার্কা অ্যাসিড গরম জলে দ্রবীভূত করে কিছু জৈব কার্বন মিশিয়ে কেলাসন করা হয়, তারপর দু'ঘণ্টা 120° সে. তাপমাত্রায় শুকান হয়। এই কেলাসিত অ্যাসিড অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করে পুনঃ-কেলাসন করা হয় এবং দু' ঘণ্টা 120° সে· তাপমাত্রায় পুনরায় শুকান হয়। বিশুদ্ধ অ্যাডিপিক অ্যাসিডের গলনাংক 152° সে·। গরম জলে অথবা অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে ফেনল্‌থ্যলিন্‌ সূচক ব্যবহার করে অনুমাপন করা হয়।

(চ) **মারকিউরিক অক্সাইড** (HgO ; তুল্যাঙ্ক-ভার = 108·31)—সহজে শুকনা এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। KBr দ্রবণে HgO দ্রবীভূত হয়ে যথাক্রমে পটাসিয়াম মারকিউরিক ব্রোমাইড এবং তুল্যাঙ্ক পরিমাণ KOH উৎপন্ন করে :

$$\underset{2\times 108\cdot 31}{HgO} + 4KBr + H_2O = K_2[HgBr_4] + \underset{2\times 56\cdot 10}{2KOH}$$

10·831 গ্রাম HgO 400 মি· লি. 50% KBr দ্রবণে দ্রবীভূত করে জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন করলে N/10 KOH দ্রবণ পাওয়া যাবে। এই

* C.P. = Chemically Pure = রাসায়নিকভাবে বিশুদ্ধ

KOH দ্রবণ ফেনল্‌থালিন্‌ অথবা মিথাইল অরেঞ্জ সূচক দ্বারা যে কোন অ্যাসিড দ্রবণের সাথে অনুমাপন করা যায়।

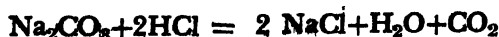
(ছ) সোডিয়াম অক্সালেট ($Na_2C_2O_4$; তুল্যাংক-ভার = 134·02)—এই লবণকে উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে Na_2CO_3 উৎপন্ন করে। $N/_{10}$ দ্রবণ তৈরীর জন্য 0·3 গ্রাম মত $Na_2C_2O_4$ সঠিক ওজন করে নিয়ে প্লাটিনাম মুচিতে রেখে বিযোজিত করা হয়। তারপর জলে দ্রবীভূত করে

$$Na_2C_2O_4 = Na_2CO_3 + CO$$

মিথাইল অরেন্‌জ অথবা মিথাইল অরেন্‌জ-ইনডিগো কারমিন সূচক সহযোগে যে কোন অ্যাসিডীয় দ্রবণ অনুমাপন করা যায়।

9, 8. বেরিয়াম হাইড্রোক্‌সাইডের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি—বৈশ্লেষিক রসায়নে এই ক্ষারকীয় দ্রবণের বহুল ব্যবহার আছে, বিশেষ করে জৈব অ্যাসিড দ্রবণের অনুমাপনের ক্ষেত্রে এর ব্যবহার উল্লেখযোগ্য। বেরিয়াম হাইড্রোক্‌সাইডের $\{Ba(OH)_2, 8H_2O\}$ তুল্যাংক-ভার হচ্ছে 157·75, কিন্তু সরাসরি ওজন করে এর প্রমাণ দ্রবণ তৈরী করা যায় না। কারণ এই লবণ জলাকর্ষী এবং বাতাস হতে CO_2 শোষণ করে। তবে $BaCO_3$ অদ্রবণীয়, সেজন্য বেরিয়াম হাইড্রোক্‌সাইডের জলীয় দ্রবণ বেশ কয়েক ঘণ্টা রেখে দিলে উপস্থিত $BaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ পৃথক করে নিয়ে HCl অথবা অন্য কোন অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা প্রমিত করা যায়। এক্ষেত্রে ফেনল্‌থালিন সূচক ব্যবহার করা চলে।

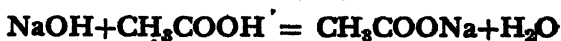
9, 9. বাজারের সোডায় Na_2CO_3-র পরিমাণ নির্ধারণ—সঠিকভাবে *5·3* গ্রাম বাজারের সোডা ওজন করে 1,000 মি.লি. মাপক-কুপীতে নাও, জলে দ্রবীভূত কর এবং জল মিশিয়ে আয়তন ঠিক এক লিটার কর। ভালভাবে মিশিয়ে নাও। 25 মি.লি. ঐ দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে শংকু-কুপীতে স্থানান্তরিত কর এবং মিথাইল অরেন্‌জ অথবা ব্রোমো-ক্রেজল গ্রীন সূচক সহযোগে $N/_{10}$ HCl-র প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

$$106{\cdot}01 \quad 2 \times 36{\cdot}46$$

অতএব, 1 মি.লি. $N/_{10}$ HCl ≡ 0·0053 গ্রাম Na_2CO_3।

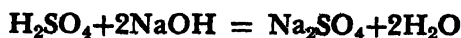
9, 10. গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ধারণ—প্রথমে পরিমাণমত মেপে নিয়ে অথবা ওজন করে মোটামুটি $N/_{10}$ দ্রবণ তৈরী করতে হবে। ওজন করে নেওয়াই সুবিধাজনক। একটি শুষ্ক *50* মি. লি. বীকার অথবা মাপক-কুপী প্রথমে ওজন করে নাও, তারপরে প্রায় 3 গ্রাম মত

গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ঐ বীকারে (মাপক-কুপীতে) নিয়ে পুনরায় ওজন কর। দুটি ওজনের পার্থক্য থেকে কতখানি অ্যাসিড নেওয়া হয়েছে জানা যাবে। এখন ঐ অ্যাসিড জল দ্বারা ধুয়ে 500 মি.লি. মাপক-কুপীতে স্থানান্তরিত কর এবং জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন 500 মি.লি. কর। 0·3 গ্রাম অ্যাসিড নিলে 50 মি.লি. মাপক-কুপী হতে স্থানান্তরিত করতে হয় না। ভাল করে ঝাঁকিয়ে মিশিয়ে নাও, তারপর ঐ দ্রবণ হতে 25 মি.লি. দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে শংকু-কুপীতে নিয়ে প্রমাণ $N/_{10}$ NaOH দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। ফেনল্‌থেলিন্‌ সূচক ব্যবহার কর।

$$NaOH + CH_3COOH = CH_3COONa + H_2O$$

1 মি.লি. $N/_{10}$ NaOH দ্রবণ $\equiv 0\cdot0060$ গ্রাম CH_3COOH

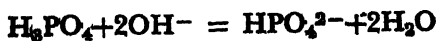
একই পদ্ধতিতে ভিনিগারে (Vinegar) কতখানি CH_3COOH আছে জানা যায়। জল মিশিয়ে লঘু করার জন্য ভিনিগারের রঙ অনুমাপনে ব্যাঘাত ঘটায় না।

9, 11. গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে H_2SO_4-র পরিমাণ নির্ধারণ—একটি পরিষ্কার শুষ্ক কাচের ছিপি সহ 50 মি.লি. মাপক-কুপী প্রথমে ওজন করে নাও। তারপর অংশাংকিত পিপেট দ্বারা 1 মি.লি. গাঢ় অ্যাসিড মাপক-কুপীতে নাও এবং পুনরায় ওজন কর। দুটি ওজনের পার্থক্য থেকে কত গ্রাম গাঢ় অ্যাসিড নেওয়া হল জানা যাবে। এখন 250 মি.লি. মাপক-কুপীতে ঐ ওজন করা অ্যাসিড স্থানান্তরিত করে নাও, জল মিশিয়ে আয়তন 250 মি.লি. কর। আরও কম পরিমাণ অ্যাসিড নিলে স্থানান্তরিত-করণের প্রয়োজন হয় না। 25 মি.লি. দ্রবণ নিয়ে প্রমাণ $N/_{10}$ NaOH দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। মিথাইল অরেন্‌জ সূচক ব্যবহার কর।

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

1 মি.লি. $N/_{10}$ NaOH $\equiv 0\cdot0049$ গ্রাম H_2SO_4

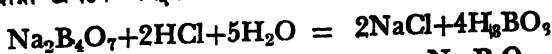
9, 12. সিরাপী অর্থোফস্‌ফোরিক অ্যাসিডে H_3PO_4-র পরিমাণ নির্ধারণ—অর্থো ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড হচ্ছে ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড অর্থাৎ তিনটি স্তরে বিয়োজিত হয়। প্রথম বিয়োজনজনিত $N/_{10}$ অ্যাসিড দ্রবণের প্রশমনবিন্দুতে pH হবে প্রায় 4·9, দ্বিতীয় বিয়োজনজনিত প্রশমনবিন্দুতে pH হবে প্রায় 9·7 এবং তৃতীয় বিয়োজনজনিত প্রশমনবিন্দুতে pH হবে প্রায় 12·6; প্রশমনবিন্দুতে pH পরিবর্তন খুব সুস্পষ্ট নয়। প্রথম বিয়োজনজনিত প্রশমনবিন্দু (অন্তবিন্দু) ঠিক করার জন্য মিথাইল অরেন্‌জ সূচক, দ্বিতীয় বিয়োজনজনিত প্রশমনবিন্দু ঠিক করার জন্য থাইমলথেলিন সূচক ব্যবহার

করা চলে, কিন্তু তৃতীয় বিয়োজন জনিত প্রশমনবিন্দু কোন সূচক দ্বারা ভালভাবে ঠিক করা যায় না। যদি দ্বিতীয় স্তর পর্যন্ত অনুমাপন করে নিয়ে দ্রবণে $CaCl_2$ দ্রবণ মেশান হয়, তাহলে তৃতীয় স্তর অনুমাপন থাইমলথলিন অথবা মিশ্র সূচক ব্যবহার করে সম্ভব হবে।

$$H_3PO_4+2OH^- = HPO_4^{2-}+2H_2O$$

$$1 \text{ মি. লি. } N/_{10}\ NaOH \equiv 0{\cdot}0049 \text{ গ্রাম } H_3PO_4$$

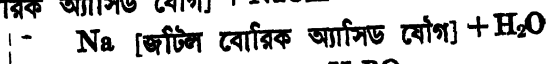
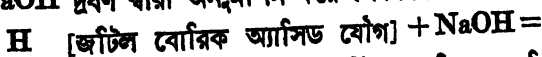
9, 13. বোরিক অ্যাসিড এবং বোরাক্স নির্ধারণ—বোরিক অ্যাসিড ক্ষীণ এক ক্ষারকীয় অ্যাসিড হিসাবে বিক্রিয়া ঘটায় ($Ka = 6{\cdot}4 \times 10^{-10}$) ; সেজন্য বোরিক অ্যাসিড দ্রবণ $N/_{10}$ প্রমাণ ক্ষারকীয় দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা যায় না। কিন্তু যদি কিছু পলিহাইড্রোক্সি জৈব যৌগ (organic polyhydroxy compounds), যেমন গ্লিসারল, ম্যানিটল, গ্লুকোজ ইত্যাদি, মেশান হয় তাহলে বোরিক অ্যাসিড জটিল যৌগ* উৎপন্ন করে তীব্র অ্যাসিড হিসাবে বিক্রিয়া ঘটাবে এবং ফেনলথলিন্ সূচক দ্বারা অন্তবিন্দু ঠিক করা যাবে।

বোরাক্স দ্রবণ নিয়ে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক সহযোগে প্রমাণ $N/_{10}$ HCl দ্রবণ দ্বারা প্রথমে অনুমাপন করা হয়।

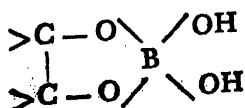
$$Na_2B_4O_7+2HCl+5H_2O = 2NaCl+4H_3BO_3$$

$$1 \text{ মি.লি. } (N)\ HCl \equiv 0{\cdot}10065 \text{ গ্রাম } Na_2B_4O_7$$

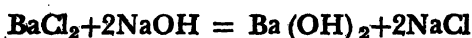
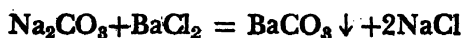
প্রথমে অনুমাপনে উৎপন্ন বোরিক অ্যাসিড ম্যানিটল মিশিয়ে (10 মি· লি· দ্রবণে 0·5 গ্রাম ম্যানিটল) ফেনলথলিন্ সূচক সহযোগে প্রমাণ $N/_{10}$ NaOH দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করে নির্ধারণ করা যায়।

H [জটিল বোরিক অ্যাসিড যৌগ] + NaOH =

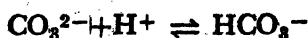
Na [জটিল বোরিক অ্যাসিড যৌগ] + H_2O

$$1 \text{ মি· লি· } (N)\ NaOH \equiv 0{\cdot}06184 \text{ গ্রাম } H_3BO_3$$
$$\equiv 0{\cdot}05033 \text{ গ্রাম } Na_2B_4O_7$$

9, 14. মিশ্রণ NaOH এবং Na_2CO_3 নির্ধারণ—(1) দ্রবণে মোট ক্ষারক (Na_2CO_3 + NaOH) মিথাইল অরেন্জ (pH 3-4) সূচক দ্বারা অনুমাপন করা যায়। (2) নীচের দুটি পদ্ধতির যে কোন একটি

*
```
>C — O\   /OH
 |       B
>C — O/   \OH
```

অনুসরণ করা চলেঃ (ক) $NaOH + \frac{1}{2} Na_2CO_3$ অনুমাপন করা যায়। অন্তবিন্দুতে pH হবে ৪.৪ এবং ভ্রম হবে ±২%। ফেনলপ্থেলিন, অথবা, থাইমল ব্লু সূচক দ্রবণ, অথবা নিম্নলিখিত মিশ্র সূচক দ্রবণ ব্যবহার করা হয়ঃ ক্রেজল রেড সূচকের সোডিয়াম লবণের 0.1% জলীয় দ্রবণ এক ভাগ + থাইমল ব্লু সূচকের সোডিয়াম লবণের 0.1% জলীয় দ্রবণ তিন ভাগ। যখন দ্রবণে $pH < 8.2$ তখন সূচকের রঙ হলুদ ; যখন $pH = 8.2$, তখন রক্ত বেগুনী (pink) ; যখন $pH \geqslant 8.4$, তখন বেগুনী (violet)। (খ) অতিরিক্ত $BaCl_2$ দ্রবণ মিশিয়ে দ্রবণ হতে কার্বনেট সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয় এবং দ্রবণে মুক্ত হাইড্রোক্সাইড ফেনলপ্থেলিন সূচক সহযোগে অনুমাপন করা যায়। [যে সকল আয়ন Ba(II)-কে অধঃক্ষিপ্ত করে, তারা বিঘ্ন ঘটাতে পারে। $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ OH আয়ন শোষণ করে।]

$$Na_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$
$$BaCl_2 + 2NaOH = Ba(OH)_2 + 2NaCl$$

মনে কর, 1 নং অনুমাপনে V_1 মি. লি. প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ লাগে এবং ২. (ক) অনুমাপনে V_2 মি. লি. প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ লাগে। তাহলে অর্ধেক কার্বনেটের সমতুল্য প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ $= (V_1 - V_2)$ মি. লি.। অতএব মোট কার্বনেট সমতুল্য প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ $= 2 \times (V_1 - V_2)$ মি. লি. এবং মোট হাইড্রোক্সাইড সমতুল্য প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ $= V_1 - 2(V_1 - V_2) = (2V_2 - V_1)$ মি. লি.। মোট NaOH পরিমাণ ২(খ) অনুমাপন থেকে সরাসরি জানা যায়।

9, 15. মিশ্রণে কার্বনেট ও বাই কার্বনেট নির্ধারণ— (1) ঠাণ্ডা অবস্থায় $N/_{10}$ প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। ফেনলপ্থেলিন সূচক দ্রবণ, অথবা আরও ভাল হয় যদি থাইমল ব্লু-ক্রেজল রেড মিশ্র সূচক দ্রবণ ব্যবহার কর। এই অনুমাপনে (মনে কর V_1 মি. লি.) অর্ধেক কার্বনেট নির্ধারিত হয়।

$$CO_3^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HCO_3^-$$

(২) একই আয়তনের মিশ্রণ দ্রবণ নিয়ে একই প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার কর। এই অনুমাপনে (মনে কর V_2 মি. লি.) মোট কার্বনেট ও বাই কার্বনেট নির্ধারিত হয়।

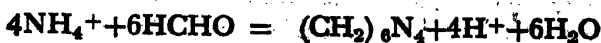
এখন, $2V_1$ মি. লি. অ্যাসিড দ্রবণ = মোট কার্বনেট,

এবং $(V_2 - 2V_1)$ মি. লি. অ্যাসিড দ্রবণ = মোট বাই কার্বনেট।

9, 16. কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট ভিন্ন অপর অ্যামোনিয়াম লবণের মোট অ্যামোনিয়া নির্ধারণ

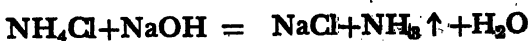
(ক) ফরম্যালডিহাইড (HCHO) পদ্ধতি—NH_4^+ হচ্ছে খুবই ক্ষীণ অ্যাসিড এবং সরাসরি অনুমাপন করা যায় না।

তবে অ্যামোনিয়াম লবণের দ্রবণে ফরম্যালডিহাইড যোগ করলে বিক্রিয়া ঘটে হেক্সামিথিলিনটেট্রা-অ্যামিন ও তুল্যাঙ্ক পরিমাণ H^+ উৎপন্ন হয়ঃ

$$4NH_4^+ + 6HCHO = (CH_2)_6N_4 + 4H^+ + 6H_2O$$

উপরের সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে প্রতিটি NH_4^+ আয়নের পরিবর্তে একটি করে H^+ আয়ন উৎপন্ন হয়। এইভাবে মুক্ত অ্যাসিডকে ফেনলথ্যালিন সূচক সহযোগে $N/_{10}$ NaOH প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা যায়।

$$1 \text{ মি. লি. } (N) \text{ NaOH দ্রবণ} = 0.01703 \text{ গ্রাম } NH_3$$

(খ) বিযোজন পদ্ধতি—অতিরিক্ত প্রমাণ NaOH দ্রবণ মিশিয়ে অ্যামোনিয়াম লবণের দ্রবণকে ফোটালে NH_3 গ্যাস নির্গত হয়ে চলে যায়। যতক্ষণ পর্যন্ত NH_3 গ্যাস নির্গত হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত ফোটান হয়। প্রমাণ NaOH দ্রবণ মেপে নিয়ে মেশানো হয় এবং দ্রবণে অতিরিক্ত অবশিষ্ট NaOH প্রমাণ HCl দ্রবণ দ্বারা মিথাইল অরেঞ্জ সূচক মিশিয়ে অনুমাপন করা হয়।

$$NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_3\uparrow + H_2O$$

$$1 \text{ মি. লি. } (N) \text{ NaOH দ্রবণ} = 0.01703 \text{ গ্রাম } NH_3$$

অধঃক্ষেপণ অনুমাপন (*Precipitation titration*)

রৌপ্যমিতি (*Argentometry*)

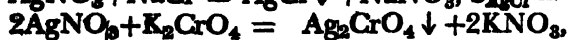
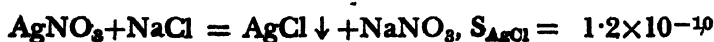
9, 17. আলোচনা—পদ্ধতিগত তত্ত্বকথা আগেই আলোচনা করা হয়েছে (চতুর্থ অধ্যায় দেখ)। এখন সংক্ষেপে কতকগুলি উদাহরণ সহ আলোচনা করব। সিলভার নাইট্রেট, সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম অথবা অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট ইত্যাদি প্রমাণ দ্রবণ এই অনুমাপনে ব্যবহৃত হয়।

9, 18. প্রমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ প্রস্তুতি (*Preparation of standard $AgNO_3$ solution*)—*99·9%* বিশুদ্ধ অবস্থায় $AgNO_3$ (A.R.) বাজারে পাওয়া যায় এবং প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে ব্যবহার করা যায়। ওজন করার পূর্বে 120° সে· তাপে কিছু $AgNO_3$ গুঁড়া দু' ঘণ্টা ধরে গরম করা হয়, তারপর ঢাকনা দেওয়া পাত্রে রেখে শোষকাধারে ঠাণ্ডা করা হয়। 4·25 গ্রামের কাছাকাছি $AgNO_3$ (তুল্যাঙ্কভার = 169·89) সঠিক-

ভাবে ওজন করে নিয়ে 250 মি· লি· মাপক-কূপীতে জল মিশিয়ে দ্রবীভূত করা হয়। কতখানি $AgNO_3$ নেওয়া হয়েছে তার থেকে অংক কষে দ্রবণের সঠিক তুল্যাঙ্কমাত্রা বের করা হয়।

$$AgNO_3 \text{ দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা} = \frac{x}{4 \cdot 24725}\frac{N}{10}$$

9, 19. $AgNO_3$ দ্রবণ প্রমিতকরণ— প্রয়োজন হলে $AgNO_3$ দ্রবণ প্রমাণ NaCl দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করে প্রমিত করা যায়। দুভাবে অনুমাপন করা যায়ঃ (1) Mohr অনুমাপন পদ্ধতি; (2) অ্যাডসরপ্‌শান সূচক পদ্ধতি।

(1) Mohr অনুমাপন পদ্ধতিঃ প্রাথমিক স্তরে ক্লোরাইড আয়ন গাঢ়ত্ব খুব বেশী থাকে এবং AgCl অদ্রবণীয় সেজন্য AgCl অধঃক্ষেপণ আগে হয়। ক্লোরাইড আয়ন নিঃশেষ হলে, Ag^+ আয়ন CrO_4^{2-}-র সাথে সংযুক্ত হয়ে লাল Ag_2CrO_4 অধঃক্ষেপ দেয়।

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl\downarrow + NaNO_3, \; S_{AgCl} = 1 \cdot 2 \times 10^{-10}$$
$$2AgNO_3 + K_2CrO_4 = Ag_2CrO_4\downarrow + 2KNO_3,$$
$$S_{Ag_2CrO_4} = 1 \cdot 7 \times 10^{-12}$$

বিকারক দ্রবণ—(ক) প্রমাণ $N/_{10}$-NaCl দ্রবণ প্রস্তুত কর (NaCl-র তুল্যাঙ্কভার = 58·45)।

(খ) K_2CrO_4 সূচক দ্রবণ—5% জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত কর। প্রতি 50 মি· লি· দ্রবণ আয়তনে 1 মি· লি· সূচক দ্রবণ ব্যবহার কর।

প্রণালী— 25 মি· লি· প্রমাণ $N/_{10}$-NaCl দ্রবণ পিপেট দ্বারা 250 মি· লি· শংকু-কূপীতে স্থানান্তরিত কর। 1 মি· লি· সূচক দ্রবণ মেশাও। এখন ব্যুরেট হতে ধীরে ধীরে $AgNO_3$ দ্রবণ ফেলে শংকু-কূপীতে মেশাও। শংকু-কূপীর নীচে একখণ্ড সাদা কাগজ অথবা সাদা পর্সেলীন টালি রাখলে রঙের পরিবর্তন ভাল বোঝা যায়। প্রতিটি ফোঁটা $AgNO_3$ দ্রবণ শংকু-কূপীতে পড়ার সাথে সাথে ফিকে বাদামী রঙ (Ag_2CrO_4) উৎপন্ন করে, কিন্তু নাড়ালে অদৃশ্য হয়ে যায়। অন্তবিন্দুর কাছাকাছি হলে ঐ ফিকে বাদামী রঙ অদৃশ্য হতে দেরী হয়। অন্তবিন্দুতে ফিকে লাল্‌চে-বাদামী রঙ অনেকক্ষণ ঝাঁকালেও অদৃশ্য হয় না। ভ্রম মাত্রা কমানোর জন্য মাপ্যহীন অনুমাপন প্রয়োজন। প্রশম দ্রবণ নিয়ে এই অনু-মাপন করা বিধেয়।

1 মি· লি· (N) NaCl দ্রবণ = 0·16989 গ্রাম $AgNO_3$

(২) অ্যাডসরপ্‌শান সূচক পদ্ধতিঃ

বিকারক দ্রবণ— (ক) প্রমাণ $N/_{10}$ NaCl দ্রবণ প্রস্তুত কর।

সূচক দ্রবণ— (খ) 0·2% সোডিয়াম ফ্লোরোসিনেট জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত কর।

অথব, 0·1% সোডিয়াম ডাইক্লোরোফ্লোরোসিনেট জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত কর।

প্রণালী— 25 মি· লি· প্রমাণ $N/_{10}$-NaCl দ্রবণ পিপেট দ্বারা 250 মি·লি· শংকু-কূপীতে নাও। দশ ফোঁটা ফ্লোরোসিন অথবা ডাইক্লোরোফ্লোরোসিন সূচক দ্রবণ মেশাও। সর্বদাই শংকু-কূপী ঘোরাতে ঘোরাতে ব্যুরেট হতে $AgNO_3$ দ্রবণ ঢাল। অন্তবিন্দু কাছাকাছি হলে AgCl অধঃক্ষেপণ হয় প্রচুর এবং $AgNO_3$ দ্রবণ এক ফোঁটা পড়ার সাথে সাথে লাল রঙ উত্তরোত্তর বেশী দৃষ্টিগোচরে আসে কিন্তু অদৃশ্য হয়ে যায়। অন্তবিন্দুতে অধঃক্ষেপের রঙ হঠাৎ লাল হয়ে যায়, আর অদৃশ্য হয় না। এখন ব্যুরেট পাঠ লিপিবদ্ধ কর এবং $AgNO_3$ দ্রবণের তুল্য-মাত্রা নির্ণয় কর। প্রশম দ্রবণে অথবা অ্যাসিটিক অ্যাসিড মাধ্যমে এই অনুমাপন করা হয়।

9, 20. ক্লোরাইড নির্ধারণ (*Determination of Chlorides*)—আগেই বর্ণিত Mohr অনুমাপন পদ্ধতি অথবা অ্যাডসরপ্‌শান সূচক পদ্ধতি অনুসারে প্রশম দ্রবণে প্রমাণ $N/_{10}$-$AgNO_3$ দ্রবণ দ্বারা ক্লোরাইড নির্ধারণ করা হয়। ক্লোরাইড দ্রবণ অ্যাসিডীয় হলে ক্লোরাইড মুক্ত $NaHCO_3$ অথবা $Na_2B_4O_7$, $10H_2O$ মিশিয়ে প্রশম করে নেওয়া হয়। অ্যাসিডীয় দ্রবণ অ্যামোনিয়া ও অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট মিশিয়ে অনুমাপন করা চলে। ক্লোরাইড দ্রবণ ক্ষারীয় হলে ফেনলথলিন সূচক মিশিয়ে লঘু HNO_3 দ্বারা প্রশম করা হয়।

1 মি.লি. (N) $AgNO_3$ দ্রবণ ≡ 0·05845 গ্রাম NaCl
≡ 0·03546 গ্রাম Cl

9, 21. ব্রোমাইড নির্ধারণ— আগেই বর্ণিত Mohr অনুমাপন পদ্ধতি অথবা অ্যাডসরপ্‌শান সূচক পদ্ধতি অনুসারে প্রশম দ্রবণে প্রমাণ $N/_{10}$-$AgNO_3$ দ্রবণ দ্বারা ব্রোমাইড নির্ধারণ করা যায়। এখানে অ্যাডসরপ্‌শান সূচক হিসাবে এয়োসিন (eosin) (সোডিয়াম লবণের 0·1% জলীয় দ্রবণ) ব্যবহার করা হয়। এয়োসিন্ ব্যবহার করলে 0·1 (N) -HNO_3 মাধ্যমে অনুমাপন করা চলে। সচরাচর অ্যাসিটিক

অ্যাসিড মাধ্যম ব্যবহার করা হয়ে থাকে। অন্তবিন্দুতে অধঃক্ষেপ গাঢ় লাল রঙের হয়।

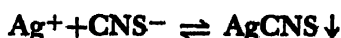
1 মি.লি. (N) $AgNO_3$ দ্রবণ = 0·07992 গ্রাম Br
= 0·1190 গ্রাম KBr

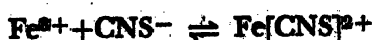
9, 22. আয়োডাইড নির্ধারণ— Mohr অনুমাপন পদ্ধতি দ্বারা আয়োডাইড নির্ধারণ সম্ভব নয়। অ্যাডসরপ্শান সূচক পদ্ধতি দ্বারা আয়োডাইড নির্ধারণ করা চলে, তবে এক্ষেত্রে ডাইআয়োডোডাইমিথাইলফ্লোরেসিন্ সূচক (di-iododimethylfluorescein indicator) ব্যবহার করা হয়। 1 গ্রাম সূচক 70% অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে 100 মি.লি. আয়তন করা হয়। অন্তবিন্দুতে অধঃক্ষেপ লাল-কমলা থেকে নীলচে-লাল হয়। প্রশম দ্রবণে অনুমাপন বাঞ্ছনীয়।

1 মি.লি. (N) $AgNO_3$ দ্রবণ = 0·1269 গ্রাম I
= 0·1660 গ্রাম KI

9, 23. থায়োসায়ানেট নির্ধারণ— অ্যাডসরপ্শান সূচক পদ্ধতি অনুসারে প্রশম দ্রবণে প্রমাণ $N/_{10}$-$AgNO_3$ দ্রবণ দ্বারা থায়োসায়ানেট নির্ধারণ করা যায়। এয়োসিন্ সূচক ব্যবহার করা চলে।

9, 24. Volhard পদ্ধতি: এই পদ্ধতি দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড মাধ্যমে Ag^+ আয়নকে পটাসিয়াম অথবা অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়। ফেরিক অ্যালাম দ্রবণ অথবা ফেরিক নাইট্রেট দ্রবণ সূচক হিসাবে এই অনুমাপনে ব্যবহৃত হয়। থায়োসায়ানেট দ্রবণ যোগ করার সাথে সাথে সাদা সিলভার থায়োসায়ানেট ($S_{AgCNS} = 7·1 \times 10^{-13}$) অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ag^+ + CNS^- \rightleftharpoons AgCNS\downarrow$$

এই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হলে পর সামান্য অতিরিক্ত থায়োসায়ানেট ফেরিক আয়নের সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে জটিল ফেরি-থায়োসায়ানেট আয়ন উৎপন্ন করে এবং এই জটিল আয়নের রঙ লালাভ-বাদামী।

$$Fe^{3+} + CNS^- \rightleftharpoons Fe[CNS]^{2+}$$

অ্যাসিডীয় মাধ্যমে ক্লোরাইড, ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড এই পদ্ধতি দ্বারা নির্ধারণ করা যায়। অতিরিক্ত প্রমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করা হয় এবং বিক্রিয়া অন্তে অবশিষ্ট $AgNO_3$ প্রমাণ থায়োসায়ানেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন

করা হয়। অনুমাপনের সময় নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ়ত্ব 0·5 (N) —1·5(N) রাখা হয় এবং তাপমাত্রা 25° সে. থেকে কম রাখা বাঞ্ছনীয়।

9, 25. পটাসিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণ প্রমিতকরণ—

বিকারক দ্রবণ—(ক) KCNS **দ্রবণ**—10 গ্রাম KCNS (A.R.) 1000 মি· লি· মাপক-কূপীতে নিয়ে পাতিত জলে দ্রবীভূত কর, তারপর দাগ পর্যন্ত জল মিশিয়ে পূর্ণ কর।

(খ) **প্রমাণ** $AgNO_3$ **দ্রবণ**— ......9, 18 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী কর।

সূচক দ্রবণ— (গ) **ফেরিক অ্যালাম দ্রবণ**— 40% জলীয় দ্রবণ তৈরী কর এবং কয়েক ফোঁটা HNO_3 যোগ কর। প্রত্যেক অনুমাপনের জন্য 1 মি· লি. এই সূচক দ্রবণ ব্যবহার কর।

প্রণালী : 25 মি· লি· প্রমাণ $N/_{10}$-$AgNO_3$ দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে নিয়ে 250 মি· লি· শংকু-কূপীতে রাখ, 5 মি· লি· 6(N)-HNO_3 এবং 1 মি· লি. সূচক দ্রবণ যোগ কর। ব্যুরেট হতে KCNS দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা ফেলে অনুমাপন কর। প্রথমে সাদা অধঃক্ষেপণ হয়, প্রতি ফোঁটা থায়ো-সায়ানেট দ্রবণ পড়ার সাথে সাথে লালাভ-বাদামী রঙ দেখা দিয়ে অদৃশ্য হয়। অন্তবিন্দুতে ফিকে বাদামী রঙ স্থায়ী হয়।

যদি বাষ্পীভবন রোধ করা যায়, তাহলে এভাবে প্রমিত থায়োসায়ানেট দ্রবণ বহুদিন রাখা যায়।

9, 26. সংকর ধাতুতে* সিলভারের পরিমাণ নির্ণয়—সঠিকভাবে কিছুটা ওজন করে নাও। 250 মি· লি. শংকু-কূপীতে রেখে 5 মি· লি· জল ও 10 মি· লি· গাঢ় HNO_3 মেশাও। গরম করে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত কর। অল্প পরিমাণ জল মিশিয়ে ফোটাও এবং নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলি তাড়িয়ে দাও। ঠাণ্ডা করে মাত্রিকভাবে 250 মি· লি· মাপক-কূপীতে স্থানান্তরিত কর এবং জল মিশিয়ে দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। এখন 25 মি· লি· অংশ নিয়ে Volhard পদ্ধতি অনুসারে অনুমাপন কর।

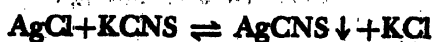
1 মি· লি. (N)-KCNS দ্রবণ ≡ 0·10788 গ্রাম Ag

9, 27. Volhard পদ্ধতিতে ক্লোরাইড নির্ধারণ— ক্লোরাইড দ্রবণের সাথে অতিরিক্ত প্রমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ মেশান হয় এবং অবশিষ্ট $AgNO_3$ প্রমাণ

---

* থায়োসায়ানেটের সাথে রঙীন দ্রবণ অথবা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে এমন সব ধাতব আয়নগুলি অনুমাপনে বিঘ্ন ঘটায়। কপার 40%-র কম থাকলে বিঘ্ন ঘটায় না।

KCNS দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়। সিলভার থায়োসায়ানেট অপেক্ষা সিলভার ক্লোরাইড অধিক দ্রবণীয় এবং সেজন্য নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটে:

$$\underset{\text{অধঃক্ষেপ}}{AgCl} + \underset{\text{দ্রবণ}}{KCNS} \rightleftharpoons \underset{\text{অধঃক্ষেপ}}{AgCNS\downarrow} + \underset{\text{দ্রবণ}}{KCl}$$

অতএব, AgCl অধঃক্ষেপণের পর ছেঁকে নিয়ে পৃথক করা প্রয়োজন। অবশ্য দ্রবণে কিছুটা নাইট্রোবেনজিন মেশালে ছেঁকে পৃথক করার প্রয়োজন হয় না। মনে হয় নাইট্রোবেনজিনের পাতলা স্তর AgClকে চারিদিকে ঘিরে থাকে। অধঃক্ষেপ ছেঁকে নিয়ে পৃথক করলে অতি লঘু HNO_3 (1 : 100) দ্বারা ধুয়ে নেওয়া প্রয়োজন।

1 মি.লি. $N/_{10}$-$AgNO_3$ দ্রবণ $\equiv$ 0·003546 গ্রাম Cl

9, 28. Volhard পদ্ধতিতে ব্রোমাইড ও আয়োডাইড নির্ধারণ—সিলভার ব্রোমাইড ও সিলভার আয়োডাইড উভয়ে সিলভার থায়োসায়ানেট অপেক্ষা অধিক অদ্রবণীয়, সেজন্য ব্রোমাইড অথবা আয়োডাইড দ্রবণে প্রমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ মেশাবার পর AgBr ও AgI অধঃক্ষেপ ছেঁকে নেওয়ার প্রয়োজন হয় না, সরাসরি অবশিষ্ট $AgNO_3$ অনুমাপন করা যায়। আয়োডাইড দ্রবণ বেশ লঘু হওয়া বাঞ্ছনীয়, নতুবা অ্যাডসরপ্‌শান প্রক্রিয়ায় অনুমাপনে বিঘ্ন ঘটতে পারে।

1 মি.লি. $N/_{10}$-$AgNO_3$ দ্রবণ $\equiv$ 0·007992 গ্রাম Br
$\equiv$ 0·01269 গ্রাম I

জারণ-বিজারণ অনুমাপন (*Oxidation-reduction Reactions*)

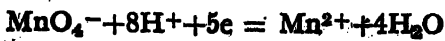
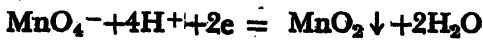
9, 29. আলোচনা— জারণ-বিজারণ অনুমাপন করার পূর্বে জারণ-বিজারণ অনুমাপন তত্ত্ব সম্বন্ধে অবহিত হওয়া প্রয়োজন। এই তত্ত্বকথা আমরা আগেই আলোচনা করেছি (চতুর্থ অধ্যায় দেখ)। তত্ত্বকথা জানা থাকলে অনুমাপনকালে কিছু হের-ফের হলে সেটা সহজে ধরা পড়বে এবং প্রয়োজন অনুসারে অনুমাপন প্রক্রিয়ার কিছু পরিবর্তন করে নিয়ে ভ্রম মাত্রা কমানো সম্ভব হবে। এই অনুমাপনে যে সব প্রমাণ জারক দ্রবণ ব্যবহার করা হয় তাদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য—পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট, সেরিক সালফেট, আয়োডিন, পটাসিয়াম আয়োডেট, পটাসিয়াম ব্রোমেট, ইত্যাদি। এই অনুমাপনে যে সব প্রমাণ বিজারক দ্রবণ ব্যবহার করা হয় তাদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য—সোডিয়াম থায়োসালফেট, সোডিয়াম অক্‌সালেট, অক্‌সালিক অ্যাসিড, ফেরাস লবণ, মার্কিউরাস নাইট্রেট, ইত্যাদি।

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারণ (পারম্যাঙ্গানেট মিতি) (*Oxidation with potassium permanganate (Permanganometry)*)

9, 30. জারণ ক্ষমতা (*Oxidising power*)—নিম্নলিখিতভাবে বিক্রিয়া ঘটেঃ

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$$

$E_0 = +1{\cdot}52$ ভোল্ট

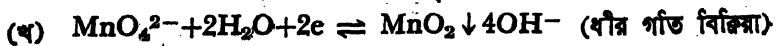
$$MnO_4^- + 4H^+ + 2e = MnO_2\downarrow + 2H_2O$$

$E_0 = +1{\cdot}7$ ভোল্ট

প্রথম বিক্রিয়াটি সচরাচর জারণ-বিজারণ অনুমাপনে ব্যবহার করা হয়।

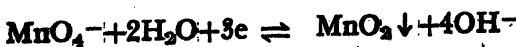
গাঢ় ক্ষারীয় দ্রবণেও $KMnO_4$কে জারক দ্রব্য হিসাবে কাজে লাগান চলে। দুটি আংশিক বিক্রিয়া (Partial reactions) ঘটে থাকেঃ

(ক) $MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$ (ক্ষিপ্র গতি বিক্রিয়া)

$E_0 = 0{\cdot}56$ ভোল্ট

(খ) $MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e \rightleftharpoons MnO_2\downarrow 4OH^-$ (ধীর গতি বিক্রিয়া)

$E_0 = 0{\cdot}60$ ভোল্ট

অনুমাপন প্রক্রিয়াকে ঠিকমত নিয়ন্ত্রণ করতে পারলে (যেমন, দ্রবণে Ba^{2+} আয়ন যোগ করলে অদ্রবণীয় $BaMnO_4$ অধঃক্ষেপণ হয়) (ক) নং বিক্রিয়াটিকে অনুমাপনের কাজে লাগান যায়। মোটামুটি ক্ষারীয় দ্রবণে পারম্যাঙ্গানেট মাত্রিকভাবে বিজারিত হয়ে MnO_2 উৎপন্ন করেঃ

$$MnO_4^- + 2H_2O + 3e \rightleftharpoons MnO_2\downarrow + 4OH^-$$

$E_0 = 0{\cdot}59$ ভোল্ট

9, 31. সূচক— বর্ণহীন দ্রবণ অথবা সামান্য রঙীন দ্রবণ অনুমাপনে কোন সূচকের প্রয়োজন হয় না, কারণ এক ফোঁটা $0{\cdot}01M$-$KMnO_4$ দ্রবণ 100 মি·লি· আয়তনের জলে হাল্কা রক্ত গোলাপী (pink) দ্রবণ উৎপন্ন করে। অতিলঘু $KMnO_4$ দ্রবণ ব্যবহার করলে ভ্রমমাত্রা বেশী হতে পারে, তবে জারণ-বিজারণ সূচক সোডিয়াম ডাইফিনাইলঅ্যামিনসাল-ফোনেট দ্রবণ অন্তবিন্দুর কিছু আগে যোগ করলে অন্তবিন্দু ভালভাবে বোঝা যায় এবং ভ্রমমাত্রাও কম হয়। সূচক ব্যবহার না করে অনুমাপন করলে অন্তবিন্দুর পর এক ফোঁটা বেশী $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে রঙীন হয়। সেজন্য ব্যুরেট পাঠ হতে এক ফোঁটা বেশী $KMnO_4$ দ্রবণ অর্থাৎ $0{\cdot}05$ মি·লি· বাদ দিতে নির্দেশ দেওয়া

হয়। সূচকবিহীন প্রত্যেক অনুমাপনে ব্যুরেট পাঠ হতে 0·05 মি·লি· বিয়োগ করা হয়।

9, 32. দ্রবণ প্রস্তুতি— নিম্নলিখিত কারণে $KMnO_4$-কে প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে গণ্য করা হয় না এবং সোজাসুজি ওজন করে $KMnO_4$-র প্রমাণ দ্রবণ তৈরী করা হয় না। (ক) অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় এবং সম্পূর্ণরূপে MnO_2 মুক্ত $KMnO_4$ পাওয়া দুষ্কর। (খ) সাধারণ পাতিত জলে যে সব জৈব যৌগ থাকে, সেগুলি পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের স্বয়ংক্রিয় বিয়োজনে (Auto decomposition) অনুঘটকের কাজ করে। (গ) এই বিয়োজনে

$$4\,MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow 4\,MnO_2\downarrow + 3O_2 + 4OH^-$$

MnO_2 অনুঘটকের কাজ করে। (ঘ) Mn^{2+} আয়নের উপস্থিতিতে $KMnO_4$-র জলীয় দ্রবণ অস্থায়ী:

$$2MnO_4^- + 3Mn^{2+} + 2H_2O \rightarrow 5MnO_2 + 4H^+$$

এই বিক্রিয়া প্রশম দ্রবণে ত্বরান্বিত হয় এবং অ্যাসিডীয় দ্রবণে ধীরগতি সম্পন্ন হয়।

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$$

এই বিক্রিয়া অনুসারে $KMnO_4$-র তুল্যাঙ্ক-ভার $= \frac{158 \cdot 03}{5} = 31 \cdot 606$।

সুতরাং 3·2 গ্রাম মত $KMnO_4$ ওজন করে 1000 মি·লি· জল মিশিয়ে দ্রবীভূত করলে মোটামুটিভাবে $N/_{10}$ দ্রবণ পাওয়া যায়। দ্রবণ তৈরীর পর দু-তিন দিন সাধারণ তাপে রেখে দেওয়া হয়, তারপর কাচের পশম অথবা Sintered bed মুচি (4 নং ছিদ্রমান) দ্বারা ছেঁকে নেওয়া হয়। $KMnO_4$ দ্রবণ সত্বর প্রয়োজন হলে টাট্‌কা তৈরী দ্রবণ প্রথমে ফোটান হয়, তারপর একঘণ্টা জলগাহে রেখে ঠাণ্ডা করে উপরোক্ত উপায়ে ছেঁকে নেওয়া হয়। এইভাবে ছেঁকে নেওয়া দ্রবণ গ্রীজ শূন্য ভাল ছিপিযুক্ত রঙীন বোতলে রাখা হয়। অবথা সূর্য্যালোকে রাখা উচিত নয়, কারণ উজ্জ্বল সূর্য্যালোক বিশুদ্ধ $KMnO_4$ দ্রবণকে বিয়োজিত করে। $KMnO_4$ দ্রবণ প্রতিদিন প্রমিত করে নেওয়া বিধেয়।

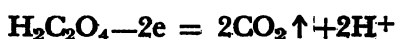
9, 33. বিঘ্নকারী আয়ন— পারম্যাঙ্গানেট আয়ন ক্লোরাইড আয়নকে জারিত করে, কিন্তু বিক্রিয়াগতি এত ধীর (Slow) যে কিছু অনুমাপন যেমন, As (III), Sb (III), H_2O_2 এবং $Fe(CN)_6^{4-}$, ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে করা চলে। Fe (II) দ্রবণে থাকলে ক্লোরাইড আয়ন জারণ

বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে, সেজন্য পারম্যাঙ্গানেট আয়ন দ্বারা Fe (II) অনুমাপনে বিশেষ পদ্ধতির প্রয়োজন।

পারক্লোরিক অ্যাসিড সাধারণতঃ বিঘ্ন ঘটায় না। Mn (III) এবং Mn (IV) -র সাথে জটিল আয়ন উৎপন্ন করে ফ্লোরাইড আয়ন বিঘ্ন ঘটায়, কারণ পারম্যাঙ্গানেট আয়ন মাত্রিকভাবে বিজারিত হয়ে তখন Mn (II) উৎপন্ন করতে পারে না। অবশ্য বোরিক অ্যাসিড মেশালে ফ্লোরাইড আয়নের (ফ্লুয়োবোরেট আয়ন) বিঘ্ন ঘটাবার ক্ষমতা অপসারিত হয়। H_2SO_4 বিঘ্ন ঘটায় না, সেজন্য পারম্যাঙ্গানেট অনুমাপনে লঘু H_2SO_4 মাধ্যম রাখা হয়।

9, 34. দ্রবণ প্রমিতকরণ: (1) অক্সালিক অ্যাসিড অথবা সোডিয়াম অক্সালেট সহযোগে— আগের মতই (9, 2 (গ) পরিচ্ছেদ দেখ) বিশুদ্ধ অক্সালিক অ্যাসিড অথবা সোডিয়াম অক্সালেট ওজন করে $N/_{10}$ প্রমাণ দ্রবণ তৈরী কর।

এই অনুমাপনে অক্সালিক অ্যাসিড জারিত হয়:

$$H_2C_2O_4 - 2e = 2CO_2\uparrow + 2H^+$$

প্রথম দিকে বিক্রিয়া গতি ধীর থাকে, এবং অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণকে 60° সে. তাপমাত্রায় গরম করে নেওয়া হয়। কিছু Mn (II) উৎপন্ন হওয়ার পর জারণ বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে।

প্রণালী— 25 মি·লি. অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণ নাও, 150 মি·লি. 2 (N) -H_2SO_4 দ্রবণ যোগ কর। দ্রবণকে 60° সে. তাপমাত্রায় গরম করে ব্যুরেট হতে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ ঢাল, প্রথমে ধীরে ধীরে, তারপর বিক্রিয়াগতি দ্রুত হলে সাধারণভাবে। অন্তবিন্দুতে স্থায়ী ফিকে রক্ত-গোলাপী দ্রবণ পাওয়া যাবে।

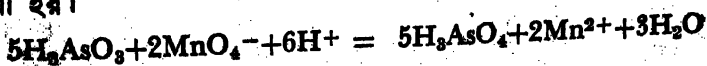
1 মি·লি. $N/_{10}$ $H_2C_2O_4$ ≡ 0·003161 গ্রাম $KMnO_4$

(2) আর্সেনিয়াস অক্সাইড সহযোগে—A.R. মার্কা As_2O_3 ব্যবহার করা হয়।

$As_2O_3 + 2O = As_2O_5$, এই বিক্রিয়া থেকে দেখা যায় As_2O_3-র

তুল্যাঙ্ক-ভার $= \dfrac{197\cdot82}{4} = 49\cdot455.$

As_2O_3 ওজন করার পূর্বে 105-110° সে. তাপমাত্রায় বায়ুগাহে 2 ঘণ্টা গরম করা হয়।

$$5H_3AsO_3 + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5H_3AsO_4 + 2Mn^{2+} + 3H_2O$$

এই বিক্রিয়া অ্যাসিডীয় মাধ্যমে ধীরগতি সম্পন্ন। সেজন্য বেশী পরিমাণ ক্লোরাইড আয়ন, অথবা তার থেকে ভাল আয়োডাইড অথবা আয়োডেট আয়ন সামান্য পরিমাণ দ্রবণে যোগ করলে বিক্রিয়া গতি ত্বরান্বিত হয়। অন্তবিন্দু ভালভাবে বোঝার জন্য জারণ-বিজারণ সূচক ফেরোয়িন (ferroin) যোগ করা যেতে পারে।

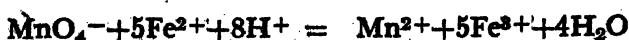
বিকারক দ্রবণ—(ক) 0·025 M পটাসিয়াম আয়োডেট (5·4 গ্রাম/লিটার)।

সূচক দ্রবণ— (খ) 0·025 M ফেরোয়িন—0·7 গ্রাম $FeSO_4$, $7H_2O$ এবং 1 গ্রাম O-ফিনান্থ্রোলিন 100 মি.লি. জলে দ্রবীভূত কর।

প্রণালী 0·2—0·25 গ্রাম As_2O_3 ওজন করে নিয়ে 10 মি·লি. 20% NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত কর। মাঝে মাঝে নাড়তে নাড়তে 10 মিনিট সময় অপেক্ষা কর। 100 মি·লি. 6(N)-HCl দ্রবণ এবং এক ফোঁটা আয়োডেট দ্রবণ যোগ কর। এখন ব্যুরেট হতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট যোগ করে অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে পারম্যাঙ্গানেটের রক্ত গোলাপী রঙ স্থায়ী হবে 30 সেকেন্ড মত।

(3) **Mohr লবণের দ্রবণ সহযোগে**—$FeSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, $6H_2O$, ফেরাস অ্যামোনিয়াম সালফেট বিশুদ্ধ অবস্থায় বাজারে পাওয়া যায়। $Fe^{2+} = Fe^{3+} + e$, এই বিক্রিয়া থেকে জানা যায় Mohr লবণের তুল্যাঙ্ক-ভার = 392·13। অণুমাপনের সময় দ্রবণে কিছু ফসফেট আয়ন (H_3PO_4) যোগ করা হয়। উদ্দেশ্য দুটি—(1) Fe(III) আয়নের সাথে জটিল $Fe(HPO)_4^+$ আয়ন তৈরী করে Fe(III) আয়নের হলুদ রঙ অপসারিত করে। (2) Fe(II)/Fe(III) সিস্টেমের পোটেনসিয়াল কমে যায়।

প্রণালী— 9·8 গ্রাম মত বিশুদ্ধ লবণ সঠিকভাবে ওজন করে 250 মি·লি· মাপক-কুপীতে নাও, 200 মি·লি. (N)-H_2SO_4 মিশিয়ে দ্রবীভূত কর, তারপর জল মিশিয়ে দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। [যদি Mohr লবণ বিশুদ্ধ না হয়, দ্রবণটি ঘোলাটে দেখাবে। তখন ছেঁকে নেওয়া প্রয়োজন]।

$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ = Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$$

25 মি·লি· ঐ দ্রবণ নাও, 10 মি·লি· ফসফোরিক অ্যাসিড যোগ কর, তারপর ব্যুরেট হতে $KMnO_4$ দ্রবণ মিশিয়ে অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে পারম্যাঙ্গানেটের রক্ত গোলাপী রঙ 30 সেকেন্ড মত স্থায়ী হবে।

1 মি.লি. $N/_{10}$ $KMnO_4$ $\equiv$ 0·005585 গ্রাম Fe

(4) **থায়োসালফেট সহযোগে**—$Na_2S_2O_3, 5H_2O$ দ্রবণ দ্বারা সরাসরি অনুমাপন করা যায় না, কারণ থায়োসালফেট জারিত হয়ে সালফেট ও টেট্রা-থায়োনেট মিশ্রণ উৎপন্ন করে।

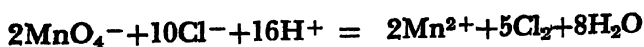
0·05—0·2 (N) -H_2SO_4 মাধ্যমে আয়োডাইড জারিত হয়ে I_2 উৎপন্ন করে এবং ঐ I_2 থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়। স্টার্চ দ্রবণ সূচক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

প্রণালী— 50 মি.লি. $N/_{10}$-$KMnO_4$ দ্রবণ নাও, 12 মি.লি. লঘু H_2SO_4 (1 : 20) যোগ কর। এখন 3 গ্রাম KI 10 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করে মেশাও। 10 মিনিট অন্ধকারে রেখে অপেক্ষা কর। তারপর মুক্ত I_2-কে ব্যুরেট হতে থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। যখন দ্রবণ ফিকে হলুদ হয়ে আসবে, তখন স্টার্চ দ্রবণ মেশাও। দ্রবণ গাঢ় নীলাভ-বেগুনী রঙ ধারণ করবে। এখন পুনরায় ব্যুরেট হতে থায়োসালফেট দ্রবণ মেশাও যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণটি হঠাৎ ফিকে হয়ে যায় (অন্তবিন্দু)।

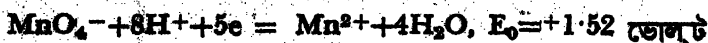
1 মি. লি. (N) -$Na_2S_2O_3$ $\equiv$ 0·031606 গ্রাম $KMnO_4$

প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন (*Titration using standard $KMnO_4$ solution*)—

9, 35. ফেরাস আয়রন নির্ধারণ—Mohr লবণ সহযোগে $KMnO_4$ অনুমাপন আগেই আলোচনা করেছি। কিন্তু দ্রবণে যদি ফেরাইড আয়রন উপস্থিত থাকে (যখন আকরিক লৌহ (iron ore) গাঢ় HCl-এ দ্রবীভূত করা হয়) তাহলে অনুমাপন দ্বারা ফলাফলের মান বেশী হবে। HCl-র সাথে দ্রবণে $KMnO_4$-র নিম্নলিখিত বিক্রিয়া সম্ভবতঃ ঘটে থাকেঃ

$$2MnO_4^- + 10Cl^- + 16H^+ = 2Mn^{2+} + 5Cl_2 + 8H_2O$$

সুতরাং এই বিক্রিয়ার জন্য কিছু $KMnO_4$ বেশী লাগে। এক্ষেত্রে 25 মি.লি. Zimmermann-Reinhardt দ্রবণ মিশিয়ে অনুমাপন করা হয়। **Zimmermann-Reinhardt দ্রবণ প্রস্তুতি**—70 গ্রাম বিশুদ্ধ $MnSO_4, 4H_2O$ নিয়ে 500 মি.লি. পাতিত জলে দ্রবীভূত কর, 133 মি.লি. গাঢ় H_2SO_4 ও 200 মি.লি. পাতিত জলের মিশ্রণ ঠাণ্ডা করে ঐ দ্রবণে যোগ কর। এরপর 130 মি.লি. সিরাপী ফসফোরিক অ্যাসিড ও

বাকী জল মিশিয়ে সমগ্র দ্রবণের আয়তন এক লিটার কর।

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O, \; E_0 = +1.52 \text{ ভোল্ট}$$
$$Cl_2 + 2e = 2Cl^-, \; E_0 = +1.36 \text{ ভোল্ট}$$

Mn (II) আয়ন দ্রবণে $MnO_4 \rightarrow Mn^{2+}$ বিক্রিয়ার বিজারণ পোটেনসিয়াল কমিয়ে দেয়, অর্থাৎ MnO_4^- আয়ন ক্ষীণ জারক পদার্থ হিসাবে বিক্রিয়া ঘটায় এবং ক্লোরাইড আয়নকে জারিত করার ক্ষমতা লোপ পায়। Mn (II) আয়নের আর একটা কাজ হচ্ছে দ্রবণে কোথাও স্থানীয়ভাবে অতিরিক্ত পারম্যাঙ্গানেট (local excess of MnO_4^-) থাকলে তার সাথে বিক্রিয়া ঘটায়। Mn (VII) থেকে Mn (II)-তে বিজারণ কালে সম্ভবতঃ Mn (III) কিছু উৎপন্ন হয় ; Mn (II) আয়ন এবং ফসফোরিক অ্যাসিড যুগ্মভাবে Mn (III) → Mn (II) সিস্টেমের বিজারণ পোটেনসিয়ালের (+1.51) উপর প্রভাব বিস্তার করে পোটেনসিয়াল মান কমিয়ে দেয়, তখন ক্লোরাইড আয়ন Mn (III)-কে বিজারিত করতে পারে না, Mn (III) শুধুমাত্র Fe (II) দ্বারা বিজারিত হয়। দ্রবণে ফসফোরিক অ্যাসিডের কাজ হচ্ছে হলুদ Fe (III)-র সাথে জটিল বর্ণহীন $[Fe(HPO_4)]^+$ আয়ন উৎপন্ন করে অন্তবিন্দুকে জটিলতা থেকে মুক্ত করা। তাছাড়াও ফসফোরিক অ্যাসিড Fe (III)-র সাথে জটিল আয়ন তৈরী করে Fe (III) → Fe (II) সিস্টেমের বিজারণ পোটেনসিয়াল কমিয়ে দেয়, তখন Fe (II) আয়ন আরও বেশী তীব্র বিজারক দ্রব্য হিসাবে বিক্রিয়া ঘটায়। সুতরাং Zimmermann-Reinhardt দ্রবণ যোগ করলে পারম্যাঙ্গানেট আয়ন Fe (II)-কে দ্রুত জারিত করে এবং সম্ভবতঃ খুব ধীরে ধীরে ক্লোরাইড আয়নের সাথে বিক্রিয়া ঘটায়।

9, 36. ফেরিক আয়রন নির্ধারণঃ দ্রবণে অনেক সময় আয়রন ফেরিক আয়ন অবস্থায় থাকে অথবা ফেরাস-ফেরিক মিশ্রণ অবস্থায় থাকে। তখন Fe (III)-কে $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ দ্রবণ দ্বারা বিজারিত করে নেওয়া প্রয়োজন। Fe (III)-কে অন্যান্য আরও বিজারক দ্রবণের দ্বারা (H_2SO_3, H_2S, Zn+ লঘু H_2SO_4, Zn—পারদসংকর (Jones reductor), ইত্যাদি) বিজারিত করা যায়। এখানে শুধু $SnCl_2 \cdot 2H_2O$-র কথাই উল্লেখ করব। মনে রাখতে হবে, 80° সে· তাপমাত্রায় 5 (N)—6 (N) HCl মাধ্যমে $SnCl_2$ দ্রবণ Fe (III)-কে মাত্রিকভাবে বিজারিত করে।

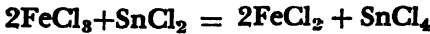
বিকারক দ্রবণ—(ক) $N/_{10}$ $KMnO_4$ দ্রবণ তৈরী করে প্রমিত করে নাও।

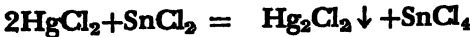
(খ) Zimmermann-Reinhardt দ্রবণ আগের মত তৈরী কর।

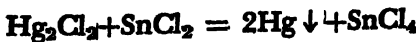
(গ) $SnCl_2\ 2H_2O$ দ্রবণ—10 গ্রাম $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ মোটামুটি ওজন করে 250 মি. লি. শুকনো বীকারে নাও, 50 মি. লি. গাঢ় HCl মিশিয়ে গরম করে দ্রবীভূত কর। স্বচ্ছ দ্রবণ পাওয়া গেলে পাতিত জল মিশিয়ে 100 মি. লি. আয়তন কর।

(ঘ) ফেরিক অ্যালাম দ্রবণ—$(NH_4)_2SO_4,\ Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ 12 গ্রাম মত ওজন করে নিয়ে 250 মি. লি. মাপক-কুপীতে 5% H_2SO_4 মিশিয়ে দ্রবীভূত কর।

প্রণালী—10 মি. লি. Fe(III)-দ্রবণ পিপেট দ্বারা শংকু-কুপীতে নাও, দ্রবণে গাঢ় HCl না থাকলে 10 মি. লি. গাঢ় HCl মেশাও অথবা প্রয়োজনমত গাঢ় HCl মিশিয়ে দ্রবণে HCl মাত্রা 6(N) কাছাকাছি কর।
দ্রবণ মিশ্রণ 80—90° সে. পর্যন্ত গরম কর এবং গরম অবস্থায় $SnCl_2$ দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা মিশিয়ে (ব্যুরেট হতে মেশালে ভাল হয়) দ্রবণকে বর্ণহীন (হলুদ রঙ মুক্ত) কর। সামান্য অতিরিক্ত $SnCl_2$ দ্রবণ থাকা বাঞ্ছনীয়।

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$

$SnCl_2$ বেশী পড়ে গেলে অনুমাপন বাতিল করতে হবে। দ্রবণ বর্ণহীন হওয়া মাত্র কলের জলের ধারায় রেখে ঠাণ্ডা কর (20° সে.)। বায়ুর প্রবেশ রোধ করার জন্য শংকু-কুপীর মুখ বন্ধ করে রাখা ভাল। ঠাণ্ডা দ্রবণে একবারেই 10 মি. লি. সম্পৃক্ত $HgCl_2$ দ্রবণ (5% জলীয় দ্রবণ) ঢেলে মেশাও। একটা সাদা পশম তুল্য Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপণ হবে।

$$2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 \downarrow + SnCl_4$$

ধূসর রঙের বেশী অধঃক্ষেপণ হলে বুঝতে হবে বেশী $SnCl_2$ অবশিষ্ট আছে এবং অনুমাপন বাতিল করতে হবে। সূক্ষ্ম Hg কণা অধঃক্ষিপ্ত হলে MnO_4^- আয়নকে (অথবা $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নকে বিজারিত করে এবং তাছাড়াও ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে Fe(III)-কে ধীরে ধীরে বিজারিত করে।

$$Hg_2Cl_2 + SnCl_2 = 2Hg \downarrow + SnCl_4$$

(বেশী অতিরিক্ত)

$HgCl_2$ দ্রবণ যোগ করার পর 5 মিনিট অপেক্ষা করে পাতিত জল মিশিয়ে 200 মি. লি. আয়তন কর (0·6-HCl দ্রবণ)। 25 মি. লি. Zimmermann-Reinhardt দ্রবণ যোগ কর। এখন ব্যুরেট হতে প্রমাণ পার-

ম্যাঙ্গানেট দ্রবণ মিশিয়ে অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে পারম্যাঙ্গানেটের রঙ 15—20 সেকেন্ড স্থায়ী হয়। বেশীক্ষণ স্থায়ী না হওয়ার কারণ হচ্ছে —MnO_4^- আয়ন Mn^{2+} আয়ন দ্বারা অথবা Hg_2Cl_2 দ্বারা ধীরে ধীরে বিয়োজিত হয়। Cl^- আয়ন Fe(III)-কে ধীরে ধীরে বিয়োজিত করে। এক কথায় বলা যায় পার্শ্ব বিক্রিয়া (side reaction) জনিত অন্তবিন্দুয় পারম্যাঙ্গানেট রঙ অল্পক্ষণ পরেই অদৃশ্য হয়ে যায়। দ্রবণটি সমগ্রভাবে পারম্যাঙ্গানেট রঙে রঙীন হয়ে 15 সেকেন্ড স্থায়ী হলে বুঝতে হবে অন্তবিন্দু পার হয়েছে।

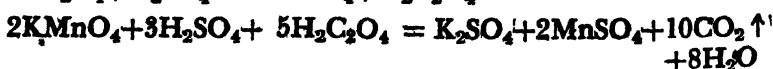
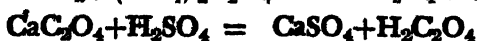
1 মি. লি. $N/_{10}$ $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 0·005585 গ্রাম Fe

মন্তব্য ঃ—আকরিক অবস্থায় আয়রন নিয়ে তাতে মোট আয়রন নির্ধারণ করা হয় একই পদ্ধতিতে। কিছু পরিমাণ আকরিক সঠিকভাবে ওজন করে নিয়ে HCl (1 : 1) মিশিয়ে দ্রবীভূত করা হয়। তারপর ছেঁকে নিয়ে একটা নির্দিষ্ট আয়তনে রাখা হয়। তার থেকে 10 মি. লি. অংশ পিপেট দ্বারা স্থানান্তরিত করে উপরে লেখা প্রণালী অনুসারে অনুমাপন করা হয়। ফেরাস ও ফেরিক আয়রনের পরিমাণ জানতে হলে প্রথমে একটা অংশ নিয়ে সরাসরি Fe(II)-কে $KMnO_4$ দ্বারা অনুমাপন করে নেওয়া হয়, তারপর দ্বিতীয় অংশ নিয়ে $SnCl_2$ বিজারণ করে মোট আয়রন অনুমাপন করা হয়। মোট আয়রন হতে Fe(II)-র পরিমাণ বিয়োগ করলে Fe(III)-র পরিমাণ জানা যায়।

9, 37. ক্যালসিয়াম নির্ধারণ—লঘু HCl-এ ক্যালসিয়াম দ্রবণ নিয়ে তার মধ্যে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ মেশানো হয়, তারপর সমগ্র মিশ্রণটিতে লঘু NH_4OH মিশিয়ে প্রশম করা হয়। ক্যালসিয়াম অক্সালেট অধঃক্ষেপ ছেঁকে ধুয়ে নিয়ে লঘু H_2SO_4 দ্বারা দ্রবীভূত করলে অক্সালিক অ্যাসিড মুক্ত হয় এবং ঐ মুক্ত অক্সালিক অ্যাসিড প্রমাণ পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়।

$$CaCl_2 + (NH_4)_2C_2O_4 = CaC_2O_4\downarrow + 2NH_4Cl$$

$$CaC_2O_4 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2C_2O_4$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2\uparrow + 8H_2O$$

বিকারক দ্রবণ—(ক). অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ— 6% জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত কর

(খ) লঘু H_2SO_4 দ্রবণ—(4·5 N)

(গ) প্রমাণ $N/_{10}$ $KMnO_4$ দ্রবণ

প্রণালী—ক্যালসিয়ামের লঘু HCl দ্রবণ 25 মি.লি. (0·05 গ্রাম ক্যালসিয়াম) একটি 500 মি.লি. বীকারে নাও, জল মিশিয়ে 200 মি.লি. আয়তন কর। কয়েক ফোঁটা মিথাইল রেড সূচক দ্রবণ যোগ কর। গরম করে ফোটাও, 25 মি.লি. অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে মেশাও। এখন লঘু NH_4OH (1 : 1) ফোঁটায় ফোঁটায় মিশিয়ে দ্রবণকে প্রশম কর অথবা সামান্য অ্যামোনীয় কর (দ্রবণের রঙ লাল হতে হলুদ হয়)। এক ঘণ্টা অপেক্ষা কর। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ Whatman No. 42 ছাঁকন কাগজে ঢেলে ছাঁক। পরিস্রুতে ক্যালসিয়াম আছে কিনা $(NH_4)_2C_2O_4$ দ্রবণ দ্বারা পরীক্ষা কর। পরিস্রুতে যদি ক্যালসিয়াম না থাকে, সমগ্র অধঃক্ষেপ সহ দ্রবণ মাত্রিকভাবে ছাঁকন কাগজে স্থানান্তরিত করে ছাঁক। ঠাণ্ডা জল অল্প পরিমাণ নিয়ে বারে বারে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও যতক্ষণ পর্যন্ত না অধঃক্ষেপ অক্সালেট এবং ক্লোরাইড ($AgNO_3$ দ্রবণ) মুক্ত হয়। এখন সরু কাচ দণ্ড দ্বারা ছাঁকন কাগজ ফুটো করে গরম জলের ফোয়ারায় অধিকাংশ অধঃক্ষেপ নীচে রাখা শংকু-কুপীতে মাত্রিকভাবে স্থানান্তরিত কর। লঘু H_2SO_4 (4·5 N) ড্রপারের সাহায্যে ছাঁকন কাগজের উপর চারিধারে ফেলে ছাঁকন কাগজে লেগে থাকা অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত কর এবং নীচে রাখা শংকু-কুপীতে মাত্রিকভাবে স্থানান্তরিত কর। সর্বশেষে গরম জল দিয়ে ছাঁকন কাগজ ধুয়ে নাও।

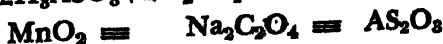
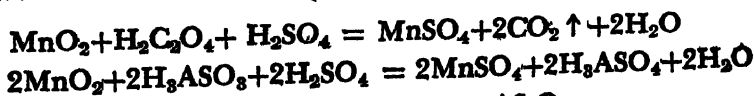
প্রয়োজন হলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত করার জন্য আরও লঘু H_2SO_4 যোগ কর, দ্রবণ লঘু করে 200 মি.লি. আয়তন কর এবং প্রমাণ $N/_{10}$-$KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

1 মি.লি. $N/_{10}$ $KMnO_4$ = 0·002004 গ্রাম Ca

9, 38. পাইরোলুসাইট (*Pyrolusite*) আকরিকে MnO_2-র শতকরা পরিমাণ নির্ধারণ— পাইরোলুসাইট আকরিক নিয়ে অতিরিক্ত অ্যাসিডীয় সোডিয়াম অক্সালেট অথবা আর্সেনিয়াস অক্সাইড দ্রবণ মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয়, তারপর অবশিষ্ট অক্সালেট অথবা আর্সেনিয়াস অক্সাইড প্রমাণ $N/_{10}$ $KMnO_4$ দ্বারা অনুমাপন করা হয়।

$$MnO_2+H_2C_2O_4+H_2SO_4 = MnSO_4+2CO_2\uparrow+2H_2O$$

$$2MnO_2+2H_3ASO_3+2H_2SO_4 = 2MnSO_4+2H_3ASO_4+2H_2O$$

অতএব $\underset{86·94}{MnO_2} = \underset{134·02}{Na_2C_2O_4} = \underset{197·82}{AS_2O_3}$

বিকারক দ্রবণ—(ক) প্রমাণ সোডিয়াম অক্‌সালেট $N/_{10}$ দ্রবণ
(খ) লঘু H_2SO_4 (4N)
(গ) প্রমাণ $KMnO_4$ ($N/_{10}$) দ্রবণ

প্রণালী—0·20 গ্রামের কাছাকাছি গুঁড়ো পাইরোলুসাইট সঠিকভাবে ওজন করে শংকু-কুপীতে নাও, 50 মি.লি. প্রমাণ সোডিয়াম অক্‌সালেট দ্রবণ ও 50 মি.লি. লঘু H_2SO_4 মেশাও। কুপীর মুখে একটা ফানেল রেখে মিশ্রণটি ফোটাও যতক্ষণ পর্যন্ত না কাল আকরিক সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়। ঠাণ্ডা কর, তারপর অবশিষ্ট অক্‌সালেট প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

হিসাব :

মনে কর, পাইরোলুসাইট নেওয়া হয়েছে = 0·18 গ্রাম এবং অবশিষ্ট অক্‌সালেট অনুমাপনে পারম্যাঙ্গানেট লেগেছে = 30 মি.লি. $N/_{10}$ $KMnO_4$

= 30 মি.লি. $N/_{10}$ $Na_2C_2O_4$ দ্রবণ

তাহলে $N/_{10}$ $Na_2C_2O_4$ দ্রবণ MnO_2 দ্বারা জারিত হয়েছে

= 50 — 30 = 20 মি. লি.

অর্থাৎ 2 মি.লি. (N)-$Na_2C_2O_4$ দ্রবণ পাইরোলুসাইটের MnO_2 দ্বারা জারিত হয়েছে।

এখন 1,000 মি.লি. (N)-$Na_2C_2O_4$ ≡ $\frac{1}{2}Na_2C_2O_4$ ≡ $\frac{1}{2}MnO_2$

$$\therefore \text{ আকরিকে } MnO_2 \text{ আছে} = \frac{86{\cdot}94 \times 2}{2 \times 1000} \text{ গ্রাম}$$

$$= 0{\cdot}08694 \text{ গ্রাম}$$

$$\therefore MnO_2\% = \frac{0{\cdot}08694 \times 100}{0{\cdot}18} = 48{\cdot}90$$

পাইরোলুসাইটে প্রাপ্তিযোগ্য অক্‌সিজেন (*Available Oxygen*) নির্ধারণ :

$$\begin{array}{cc} MnO_2 & \equiv O \\ 86{\cdot}94 & 16 \end{array}$$

0·08694 গ্রাম বিশুদ্ধ MnO_2 হতে অক্‌সিজেন পাওয়া যায়

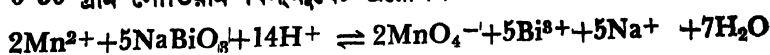
$$= \frac{0{\cdot}08694 \times 16}{86{\cdot}94} \text{ গ্রাম}$$

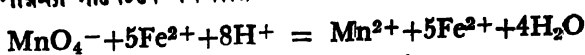
অতএব শতকরা হিসাবে অক্‌সিজেন পাওয়া যায়

$$= \frac{0{\cdot}08694 \times 16 \times 100}{0{\cdot}18 \times 86{\cdot}94} = 8{\cdot}888 \text{ গ্রাম}$$

9, 39. ষ্টীলের মধ্যে ম্যাঙ্গানীজের পরিমাণ নির্ধারণ—দ্রবণ প্রস্তুতি—
(ক) সাধারণ ষ্টীল (Ordinary steels)—যদি Mn থাকে 0·3—1%, তাহলে 1 গ্রাম ষ্টীল ওজন কর, 50 মি· লি· গাঢ় HNO_3 মিশিয়ে দ্রবীভূত কর, দ্রবণ ফুটিয়ে NO_2 তাড়িয়ে দাও, লঘু করে আয়তন 200 মি· লি· কর।
(খ) বিশেষ ষ্টীল (Special steels)—1 গ্রাম ষ্টীল ওজন করে 60 মি.লি. 4(N)-H_2SO_4 মিশিয়ে গরম কর। যদি টাংষ্টেন থাকে, তাহলে 5 মি.লি. গাঢ় HNO_3 মিশিয়ে গরম কর যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণ ভালভাবে হলুদ রঙের হয়। ছেঁকে নিয়ে N/10 HNO_3 দ্বারা ধুয়ে নাও। লঘু করে দ্রবণের আয়তন 100 মি.লি. কর।

জারণ প্রক্রিয়া—সোডিয়াম বিস্‌মুথেট দ্বারা দ্রবণকে জারিত করা হয়। পারম্যাঙ্গানেট ও কিছু MnO_2 অধঃক্ষেপ প্রথমে হতে পারে। MnO_2-কে জারিত করা কঠিন, সেজন্য সমস্ত ম্যাঙ্গানীজকে ($MnO_4^- + MnO_2$) বিজারক দ্রব্য মিশিয়ে বিজারিত করা হয়। তারপর পুনরায় বিস্‌মুথেট মিশিয়ে সমস্ত ম্যাঙ্গানীজকে জারিত করে পারম্যাঙ্গানেট তৈরী করা হয়। প্রতি 100 মি.লি. দ্রবণে 50 মি.গ্রা. Mn থাকা বিধেয়। এর থেকে বেশী পরিমাণ Mn থাকলে ভ্রমমাত্রা বেশী হবে। প্রতি 20 মি· গ্রা· Mn-র জন্য 0·50 গ্রাম সোডিয়াম বিস্‌মুথেট প্রয়োজন।

$$2Mn^{2+} + 5NaBiO_3 + 14H^+ \rightleftharpoons 2MnO_4^- + 5Bi^{3+} + 5Na^+ + 7H_2O$$

অতিরিক্ত বিস্‌মুথেট ছেঁকে নিয়ে পৃথক করা হয়। দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ প্রমাণ Mohr লবণের N/50 দ্রবণ মেশান হয়। Fe(II) বিজারক হিসাবে পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করে:

$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ = Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$$

অবশিষ্ট Fe(II)-কে প্রমাণ $KMnO_4$(N/50) দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়।.

বিঘ্নকারী আয়ন—বেশী পরিমাণ ক্লোরাইড, নাইট্রেট আয়ন বিঘ্ন ঘটায়। V, Ce, Cr, Co থাকলে বিঘ্ন ঘটে। 2—4(N)-H_2SO_4 মাধ্যমে অনুমাপন করলে নাইট্রিক অ্যাসিডজনিত বিঘ্ন এড়ানো যায়। নাইট্রিক অ্যাসিড মাধ্যমে অনুমাপন করলে পাশাপাশি মাপ্যহীন অনুমাপন করা বিধেয়।

বিকারক—(ক) সোডিয়াম বিস্‌মুথেট (80% $NaBiO_3$)
(খ) সোডিয়াম বাইসালফাইট দ্রবণ—10%
(গ) প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ ($N/_{50}$)
(ঘ) প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ ($N/_{50}$)
(ঙ) ফসফোরিক অ্যাসিড

প্রণালী—দ্রবণ লঘু করে 200 মি.লি. কর (1·5(N)-HNO_3 অথবা 2(N)-H_2SO_4), 0·4—0·5 গ্রাম সোডিয়াম বিস্‌মুথেট যোগ কর, 2 মিনিট ফোটাও। পারম্যাঙ্গানেটের রক্ত গোলাপী দ্রবণ এবং/অথবা বাদামী MnO_2 অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। যদি না পাওয়া যায় পুনরায় 0·5 গ্রাম $NaBiO_3$ মেশাও। তারপর MnO_2 দ্রবীভূত না হওয়া পর্যন্ত $NaHSO_3$ দ্রবণ ফোটা ফোটা মেশাও। 5 মিনিট দ্রবণ ফুটিয়ে SO_2 তাড়িয়ে দাও। দ্রবণ ঠাণ্ডা কর (<15° সে.), এবং 1—2 গ্রাম মত $NaBiO_3$ মেশাও, এক মিনিট নাড়, 50 মি. লি. 0·4(N)-HNO_3 যোগ কর এবং 4 নং Sintered bed মুচি নিয়ে ছাঁক। 0·3(N)-HNO_3 দ্রবণ দ্বারা ধুয়ে নাও (50—100 মি. লি.)। ছাঁকন-কুপীতে (filtering flask) আগেই অতিরিক্ত প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ ($N/_{50}$) ও 5 মি. লি. গাঢ় ফসফোরিক অ্যাসিড নিয়ে নেওয়া হয়। এখন ছাঁকন-কুপীতেই অবশিষ্ট Fe(II)-কে প্রমাণ $KMnO_4$($N/_{50}$) দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

1 মি. লি. (N)-$KMnO_4$ = 0·01099 গ্রাম Mn

9, 40. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নির্ধারণ—লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটেঃ

$$5H_2O_2+2KMnO_4+3H_2SO_4 = K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O +5O_2$$
$$5\times 34{\cdot}016 \quad 2\times 158{\cdot}036$$

অতএব $2\times 158{\cdot}026$ গ্রাম $KMnO_4$ = $5\times 34{\cdot}016$ গ্রাম H_2O_2

অথবা $\frac{158{\cdot}024}{5}$ গ্রাম " = $\frac{34{\cdot}016}{2}$ গ্রাম "

অথবা 1000 মি. লি. (N)-$KMnO_4$ = 17·008 গ্রাম H_2O_2

অথবা 1 মি. লি. (N)-$KMnO_4$ = 0·017008 গ্রাম H_2O_2

অনুমাপনের সময় H_2SO_4 গাঢ়ত্ব বেশী রাখা হয় এবং প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ ($N/_{10}$) ধীরে ধীরে মেশাতে হয় যাতে MnO_2 গঠন না হয়।

প্রণালী: 12 মি. লি. মত "20-আয়তন" (20-volume) H_2O_2 দ্রবণ তোলন বোতলে নিয়ে ওজন কর, তারপর মাত্রিকভাবে 250 মি. লি. মাপক-কূপীতে স্থানান্তরিত কর। জল মিশিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর। ভালভাবে মিশিয়ে নাও, 25 মি. লি. অংশ পিপেট দ্বারা 500 মি. লি. শংকু-কূপীতে স্থানান্তরিত কর। 175 মি. লি. পাতিত জল ও 25 মি. লি. 7 (N)-H_2SO_4 যোগ কর, তারপর ব্যুরেট হতে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ (N/10) দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে পারম্যাঙ্গানেটের রক্ত গোলাপী রঙ কিছুক্ষণ স্থায়ী হবে।

হিসাব:

মনে কর, ওজন করে H_2O_2 নেওয়া হয়েছে = 12 গ্রাম এবং 25 মি. লি. H_2O_2 অনুমাপনে লাগে = 40·25 মি. লি. $KMnO_4$ (N/10)

এখন, 25 মি. লি. H_2O_2 দ্রবণ = 40·25 মি. লি. (N/10)-$KMnO_4$
= 4·025 মি. লি. (N)-$KMnO_4$
= (4·025 × 0·017008) গ্রাম H_2O_2

∴ 250 মি. লি. H_2O_2 দ্রবণ = (4·025 × 0·017008 × 10) গ্রাম H_2O_2

অতএব, ওজন হিসাবে H_2O_2-র শতকরা পরিমাণ

$$\frac{4{\cdot}025 \times 0{\cdot}017008 \times 10 \times 100}{12} = 5{\cdot}669\%$$

9, 41. Na_2O_2 বিশ্লেষণ ও বিশুদ্ধতা নির্ধারণ

প্রণালী—প্রথমে 250 মি. লি. বীকারে 100 মি. লি. পাতিত জল, 6 মি. লি. গাঢ় H_2SO_4 এবং 6 গ্রাম বোরিক অ্যাসিড মিশিয়ে ঠাণ্ডা কর। প্রথম বার ওজন নিয়ে তোলন বোতল থেকে 0·4—0·5 গ্রাম Na_2O_2 ঐ দ্রবণে ঢাল এবং দ্বিতীয় বার ওজন কর। কাচ দণ্ড দ্বারা নাড়া দিয়ে মেশাও। এখন একটি 250 মি. লি. মাপক-কূপীতে ঐ দ্রবণ মাত্রিক ভাবে স্থানান্তরিত করে দাগ পর্যন্ত জল মিশিয়ে আয়তন পূর্ণ কর। ভালভাবে মেশাও এবং 25 মি. লি. অংশ পিপেট দ্বারা নিয়ে ব্যুরেট হতে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ (N/10) দ্বারা অনুমাপন কর। এরপর Na_2O_2-র বিশুদ্ধতা নির্ধারণ কর।

1 মি. লি. N/10 $KMnO_4$ = 0·0039 গ্রাম Na_2O_2

9, 42. BaO_2 বিশ্লেষণ—1 গ্রাম মত ওজন করে নিয়ে 200 মি. লি. লঘু HCl দ্রবণে (1 : 11) দ্রবীভূত কর, তারপর 250 মি. লি. মাপক-কূপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

50 মি. লি. অংশ পিপেট দ্বারা নিয়ে ব্যুরেট হতে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ $(N/_{10})$ দ্বারা অনুমাপন কর। এখানে Zimmermann-Rein hardt দ্রবণ মেশানোর প্রয়োজন নেই।

1 মি. লি. $N/_{10}$ $KMnO_4 = 0.008468$ গ্রাম BaO_2

9.43. KNO_2 বিশ্লেষণ ও বিশুদ্ধতা নির্ধারণ—গরম অ্যাসিডীয় দ্রবণে নাইট্রাইট পারম্যাঙ্গানেটের সাথে মাত্রিকভাবে বিক্রিয়া ঘটায়ঃ

$$2KMnO_4+5KNO_2+3H_2SO_4 = MnSO_4+K_2SO_4+5KNO_3+3H_2O$$

$2 \times 158.03 \quad 5 \times 85.108$

বিকারক—(ক) প্রাণ $KMnO_4$ দ্রবণ $(N/_{10})$

(খ) প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ $(N/_{10})$

(গ) লঘু H_2SO_4 (1N)

প্রণালী—1.2 গ্রাম মত KNO_2 সঠিকভাবে ওজন করে নাও, জলে দ্রবীভূত করে 250 মি. লি. মাপক-কূপীতে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর। ভালভাবে মেশাও। 25 মি. লি. অংশ পিপেট দ্বারা শংকু-কূপীতে নাও, 25 মি. লি. লঘু H_2SO_4 এবং 30 মি. লি. প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ $(N/_{10})$. যোগ কর, তারপর ব্যুরেট হতে প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ $(N/_{10})$ দ্বারা অবশিষ্ট $KMnO_4$-কে অনুমাপন কর।

হিসাব ঃ

মনে কর (1) KNO_2 ওজন করে নেওয়া হয়েছে $= 1.20$ গ্রাম এবং (2) অবশিষ্ট $KMnO_4$ অনুমাপনের জন্য Mohr লবণ লেগেছে $=$ 6.50 মি. লি.

এখন 6.50 মি. লি. Mohr লবণ $(N/_{10}) \equiv 6.50$ মি. লি. $KMnO_4$ $(N/_{10})$

অতএব, KNO_2 বিজারিত করেছে $(30-6.50)$ বা 23.50 মি. লি. $KMnO_4$ $(N/_{10})$

আমরা জানি, 1 মি. লি. $N/_{10}$-$KMnO_4 \equiv 0.004256$ গ্রাম KNO_2

$\therefore$ 23.50 মি. লি. $\equiv (23.50 \times 0.004256)$ গ্রাম KNO_2

$= 25$ মি. লি. KNO_2 দ্রবণ

$\therefore$ 250 মি. লি. KNO_2 দ্রবণে আছে $= (23.50 \times 0.004256 \times 10)$ গ্রাম KNO_2

$$\therefore \text{ শতকরা } KNO_2 \text{ আছে} = \frac{23.50 \times 0.004256 \times 10 \times 100}{1.2}$$

$$= 81.45$$

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা জারণ (ডাইক্রোমেটমিতি) *Oxidation with Potassium dichromate (dichromatometry)*

অন্যান্য অনুমাপন পদ্ধতির সাথে সাদৃশ্যমূলক বিচারে ডাইক্রোমেট সহযোগে অনুমাপন পদ্ধতিকে ডাইক্রোমেটমিতি (Dichromatometry) বলতে পারি।

9, 44. জারণ ক্ষমতা—

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O,$$

$$E_0 = +1{\cdot}33 \text{ ভোল্ট}$$

এই বিক্রিয়া পদ্ধতি খুব দ্রুত নয়; Cr(III) সাধারণতঃ অ্যাসিডীয় দ্রবণে খুব ধীরে ধীরে জারিত হয়, এবং দ্রবণে যদি pH<২ থাকে, একমাত্র ডাইক্রোমেট মোটামুটি গতিতে বিক্রিয়া ঘটায়। দ্রবণের pH বাড়ালে বিক্রিয়া—পোটেনসিয়াল দ্রুত কমে যায় এবং তখন Cr(III) সহজে ক্রোমেট স্তরে জারিত হয়। কিছু কিছু ডাইক্রোমেট-জারণ বিক্রিয়া Fe(II)-র উপস্থিতিতে প্রভাবিত হয়।

9, 45. সূচক—ডাইফিনাইলঅ্যামিনসালফোনেটের সোডিয়াম অথবা বেরিয়াম লবণ সূচক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। 0·1% জলীয় দ্রবণ অনেক দিন রাখা যায় এবং প্রতি 100 মি· লি· দ্রবণ অনুমাপনে ২ ফোঁটা মেশালেই কাজ হয়। Fe(II) আয়ন বিক্রিয়া গতিকে দ্রুত করে। লঘু দ্রবণ অথবা রঙীন দ্রবণে সূচকের রঙের পরিবর্তন ভাল বোঝা যায়। ডাইফিনাইলঅ্যামিন অথবা ফেরোইন 4(N)-H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করে সূচক হিসাবে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। বহিঃসূচক (external indicator) হিসাবে $K_3Fe(CN)_6$-র উল্লেখ আছে।

দ্রবণ প্রস্তুতি—জারণ পোটেনসিয়াল মান থেকে আমরা দেখতে পাই $K_2Cr_2O_7$-র জারণ ক্ষমতা $KMnO_4$-র থেকে কম, কিন্তু $K_2Cr_2O_7$-কে জারক হিসাবে ব্যবহার করার কতকগুলি সুবিধা আছেঃ (ক) সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় এবং গলনাংক পর্যন্ত বিশুদ্ধ অবস্থায় থাকে। (খ) প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে অনুমাপনে ব্যবহার করা যায়। (গ) যথাযথ সাবধানতা অবলম্বন করে বাষ্পীভবন রোধ করতে পারলে $K_2Cr_2O_7$-র জলীয় দ্রবণ দীর্ঘকাল প্রমাণ দ্রবণ হিসাবে রাখা যায়। (ঘ) ঠাণ্ডা HCl দ্রবণ (<২N) বিজারণ ঘটাতে পারে না। জৈব পদার্থগুলি পারম্যাঙ্গানেটের মত সহজে বিজারণ ঘটায় না। $HClO_4$ ও H_2SO_4 মিশিয়ে ফোটালেও কিছু পরিবর্তন হয় না। এই সব দিক বিচার করে বলা

চলে আকরিকের মধ্যে মোট আয়রন নির্ধারণের জন্য ডাইক্রোমেটমিতির প্রয়োগ সর্বাধিক। অ্যাসিডীয় মাধ্যমে $K_2Cr_2O_7$-র বিজারণ বিক্রিয়া লেখা যায়ঃ

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

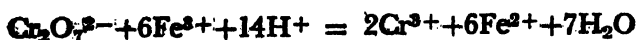
এবং এর থেকে জানা যায় $K_2Cr_2O_7$-র তুল্যাঙ্কভার $= \frac{294 \cdot 22}{6}$

$= 49 \cdot 037$

সুতরাং 4·9037 গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ ওজন করে নিয়ে জল মিশিয়ে 1000 মি· লি. আয়তন করলে প্রমাণ $N/_{10}$ দ্রবণ পাওয়া যায়।

প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন (Titration using standard $K_2Cr_2O_7$ (solution)

9, 46. ফেরাস আয়রন নির্ধারণ—পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা অনুমাপনের সময় ক্লোরাইড আয়ন বিঘ্ন ঘটায়, কিন্তু ডাইক্রোমেট দ্বারা অনুমাপনের সময় ক্লোরাইড আয়ন বিঘ্ন ঘটায় না। সেজন্য Zimmermann-Reinhardt দ্রবণ মেশাবার প্রয়োজন নেই। শুধু মাত্র Fe (III) → Fe (II) সিস্টেমের বিজারণ পোটেনসিয়াল কমাবার জন্য দ্রবণে গাঢ় ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড মেশান হয় (9, 35 পরিচ্ছেদ দেখ)। লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটেঃ

$$Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ = 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$$

বিকারক—(ক) প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ $(N/_{10})$

(খ) Mohr লবণের দ্রবণ $(N/_{10})$

(গ) ফসফোরিক অ্যাসিড

সূচক— (ঘ) সোডিয়াম ডাইফিনাইলঅ্যামিনসালফোনেট দ্রবণ—0·1% জলীয় দ্রবণ

প্রণালী—9·8 গ্রাম মত বিশুদ্ধ Mohr লবণ সঠিকভাবে ওজন করে 250 মি. লি. মাপক-কুপীতে নাও, 200 মি. লি. 5% H_2SO_4 মিশিয়ে দ্রবীভূত কর, জল মিশিয়ে দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। ভালভাবে মিশিয়ে 25 মি· লি· অংশ ঐ দ্রবণ শংকু-কুপীতে নাও, 5 মি· লি. গাঢ় ফসফোরিক অ্যাসিড যোগ কর, 2 ফোঁটা সূচক দ্রবণ মিশিয়ে ব্যুরেট হতে প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দু আসার পূর্বে দ্রবণের রঙ হয় নীলাভ-সবুজ থেকে ধূসর-নীল। অন্তবিন্দুতে দ্রবণের রঙ হয় গাঢ় বেগুনী।

হিসাব ঃ

ধরা কর, (1) Mohr লবণ ওজন করে নেওয়া হয়েছে = 9·8 গ্রাম

এবং (2) অনুমাপনে $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ $(N/_{10})$ লেগেছে = 24·50 মি. লি.

আমরা জানি, 1 মি. লি. $N/_{10}$ $K_2Cr_2O_7$ = 0·005585 গ্রাম Fe

তাহলে 24·50 মি. লি. $N/_{10}$ $K_2Cr_2O_7$ = (24·50×0·005585) গ্রাম Fe

= 25 মি. লি. Mohr লবণ

অতএব 250 মি. লি. Mohr লবণ = (24.50 × 0·005585×10) গ্রাম Fe

$$\therefore \text{শতকরা হিসাব} = \frac{24{\cdot}50\times0{\cdot}005885\times10\times100}{9{\cdot}8} \text{ গ্রাম Fe}$$

= 13·96 গ্রাম Fe

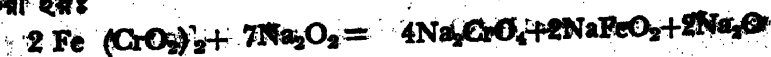
9, 47. ফেরিক আয়রন নির্ধারণ— 12 গ্রাম মত ওজন করে ফেরিক অ্যালাম, $(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$, 250 মি. লি. মাপক-কূপীতে নাও, 5% H_2SO_4 মিশিয়ে দ্রবীভূত কর এবং দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। ভালভাবে মিশিয়ে 10 মি. লি. অংশ ঐ দ্রবণ নাও, 10 মি. লি. 6 (N) HCl মেশাও, তারপর আগের মতই (305 পৃষ্ঠা দেখ) $SnCl_2$ দ্বারা বিজারিত করে, অবশিষ্ট $SnCl_2$-কে $HgCl_2$ দ্রবণ দ্বারা জারিত করে, জল মিশিয়ে দ্রবণ 200 মি. লি. আয়তন করে, 5 মি. লি. গাঢ় H_3PO_4 ও ডাই-ফিনাইলঅ্যামিনসালফোনেট সূচক দ্রবণ 4 ফোঁটা মিশিয়ে প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্বারা অনুমাপন কর।

অন্তবিন্দুতে গাঢ় বেগুনী রঙের দ্রবণ পাওয়া যাবে।

হিসাব: ফেরাস আয়রনের মতই।

মন্তব্য: আকরিক অবস্থায় আয়রন নিলে তাতে মোট আয়রন নির্ধারণ করা হয় একই পদ্ধতিতে। কিছু পরিমাণ আকরিক আয়রন সঠিকভাবে ওজন করে নিয়ে HCl (1 : 1) মিশিয়ে দ্রবীভূত করা হয়। তারপর ছেঁকে নিয়ে একটা নির্দিষ্ট আয়তনে রাখা হয়। তার থেকে 10 মি. লি. অংশ পিপেট দ্বারা স্থানান্তরিত করে উপরের পদ্ধতি দ্বারা $K_2Cr_2O_7$ মিশিয়ে অনুমাপন করা হয়। ফেরাস ও ফেরিক আয়রনের পরিমাণ জানতে হলে প্রথমে একটা অংশ নিয়ে সরাসরি Fe (II)-কে $K_2Cr_2O_7$ দিয়ে অনুমাপন করা হয়, তারপর দ্বিতীয় অংশ নিয়ে $SnCl_2$– বিজারণ করে মোট আয়রনের পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়। মোট আয়রন হতে Fe (II)-র পরিমাণ বিয়োগ করলে Fe (III)-র পরিমাণ জানা যায়।

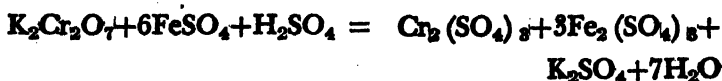
9, 48. ক্রোম-আয়রন আকরিকে (*Chrome-iron ore*) **ক্রোমিয়াম নির্ধারণ—** অতিরিক্ত Na_2O_2 গলন দ্বারা এই আকরিকের দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়:

$$2\,Fe(CrO_2)_2 + 7Na_2O_2 = 4Na_2CrO_4 + 2NaFeO_2 + 2Na_2O$$

গলন ক্রিয়ার (fusion) পর পাতিত জল মিশিয়ে Na_2CrO_4-কে দ্রবীভূত করা হয় এবং আয়রন $Fe(OH)_3$ হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ

$$NaFeO_2+2H_2O = NaOH+Fe(OH)_3\downarrow$$

দ্রবণ ফুটিয়ে অবশিষ্ট পারঅক্সাইডকে বিযোজিত করা হয়। এখন জল মিশিয়ে লঘু করে দ্রবণ ছেঁকে নেওয়া হয়, HCl মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করে অতিরিক্ত পরিমাণ প্রমাণ ফেরাস দ্রবণ মেপে নিয়ে যোগ করা হয়, তারপর প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা অবশিষ্ট Fe(II)-কে অনুমাপন করা হয়।

$$2K_2CrO_4+2HCl = K_2Cr_2O_7+H_2O+2KCl$$

$$K_2Cr_2O_7+6FeSO_4+H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3+3Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+7H_2O$$

প্রণালী—সঠিকভাবে 0·2 গ্রাম আকরিক ওজন করে নাও, 30 মি.লি. নিকেল মুচিতে রেখে 3—4 গ্রাম Na_2O_2 মেশাও। ছোট একটা কাচ দণ্ড দ্বারা মিশিয়ে ছাঁকন কাগজের টুকরো দ্বারা কাচ দণ্ড মুছে নাও এবং ঐ কাগজ টুকরো নিকেল মুচিতে রাখ। আরও 1 গ্রাম Na_2O_2 মুচিতে ঢাল তারপর ঢাকনা ঢাকা দিয়ে সাবধানে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর এবং মিশ্রণ 10 মিনিট কাল গলিত অবস্থায় রাখ। মুচি ঠাণ্ডা করে পুনরায় 4 গ্রাম মত Na_2O_2 মিশিয়ে উত্তপ্ত কর। এরপর মুচি ঠাণ্ডা করে 500 মি.লি. বীকারে রাখ এবং পাতিত জল দিয়ে ভালভাবে ধুয়ে নাও। এখন দ্রবণ ফুটিয়ে অতিরিক্ত Na_2O_2 বিযোজিত কর, ঠাণ্ডা কর, তারপর দ্রবণ ছেঁকে নাও। 6-8(N) H_2SO_4 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর, প্রয়োজন হলে বাষ্পীভবন করে আয়তন কমাও, তারপর মাত্রিকভাবে 250 মি.লি. মাপক-কুপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত জল মিশিয়ে পূর্ণ কর।

ভালভাবে মিশিয়ে 25 মি.লি. অংশ পিপেট দ্বারা স্থানান্তরিত কর, 25 মি.লি. 2(N)-H_2SO_4 ও 30—35 মি.লি. প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ (N/10) মেশাও, তারপর 5 মি.লি. গাঢ় H_3PO_4 এবং 4 ফোঁটা ডাই-ফিনাইলঅ্যামিনসালফোনেট সূচক দ্রবণ মেশাও। এখন ব্যুরেট হতে প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ মিশিয়ে অনুমাপন কর।

1 মি.লি. (N)-Fe^{2+} ≡ 1 মি.লি. (N)-$K_2Cr_2O_7$ ≡ 0·01734 গ্রাম Cr.

মন্তব্যঃ লেড অথবা বেরিয়াম নির্ধারণ করার জন্য ক্রোমেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করে, লঘু H_2SO_4 মিশিয়ে দ্রবীভূত করা হয়। মুক্ত

$H_2Cr_2O_7$-কে অতিরিক্ত প্রমাণ Mohr লবণ মিশিয়ে অনুমাপন করা হয়।

$$2\,PbCrO_4 + 2H^+ \rightleftharpoons 2Pb^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$
$$2BaCrO_4 + 2H^+ \rightleftharpoons 2Ba^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

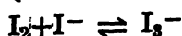
আয়োডিন মিতি (*Iodimetry*) এবং আয়োডাইডমিতি (*Iodometry*)

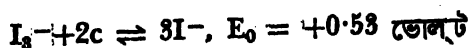
9, 49. আলোচনা—Vogel-র সংজ্ঞা অনুসারে আয়োডিনমিতি (iodimetry) বলতে বোঝায় সরাসরি প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন এবং আয়োডাইডমিতি (iodometry) বলতে বোঝায় রাসায়নিক বিক্রিয়া জনিত মুক্ত I_2-কে অনুমাপন।

$$I_2 + 2e \rightleftharpoons 2I^-,\ E_0 = +0{\cdot}53 \text{ ভোল্ট}$$

এই অর্ধসেল বিক্রিয়া ঘটে থাকে অনুমাপনের শেষের দিকে যখন আয়োডাইড আয়ন গাঢ়ত্ব খুব কম থাকে।

কিন্তু সমস্ত আয়োডিনমিতি ও আয়োডাইডমিতি বিক্রিয়ায় অতিরিক্ত আয়োডাইড আয়ন দ্রবণে থাকে, এবং ত্রি-আয়োডাইড (tri-iodide) আয়ন গঠিত হয়ঃ

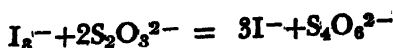
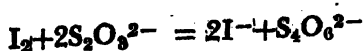
$$\underset{\text{(দ্রবণ)}}{I_2} + I^- \rightleftharpoons I_3^-$$

সুতরাং অর্ধসেল (half-cell) বিক্রিয়া ভালভাবে বোঝাতে গেলে লিখতে হয়ঃ

$$I_3^- + 2c \rightleftharpoons 3I^-,\ E_0 = +0{\cdot}53 \text{ ভোল্ট}$$

এখন প্রমাণ পোটেনসিয়ালের মান থেকে বোঝা যাচ্ছে যে I_2 অথবা I_3^- আয়ন উভয়ে ক্ষীণ জারক দ্রব্য এবং এদের জারণ-ক্ষমতা $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $Ce(SO_4)_2$, ইত্যাদি থেকে কম।

অনুমাপন কালে বিক্রিয়া হয়ঃ

$$I_3^- + 2S_2O_3^{2-} = 3I^- + S_4O_6^{2-}$$

কিন্তু জটিলতা কমাবার জন্য আমরা লিখে থাকিঃ

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

$SnCl_2$, $Na_2S_2O_3$, H_2SO_3, H_2S, ইত্যাদি তীব্র বিজারক দ্রবণ I_2-র সাথে সাধারণ উষ্ণতায় দ্রুত রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করে,

অ্যাসিডীয় দ্রবণেও এর ব্যতিক্রম ঘটে না।

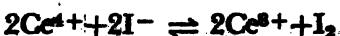
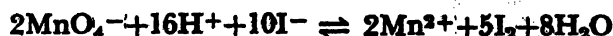
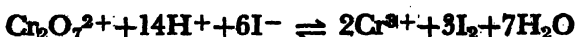
$$Sn^{2+}+I_2 \rightleftharpoons Sn^{4+}+2I^-$$
$$2S_2O_3^{2-}+I_2 \rightleftharpoons S_4O_6^{2-}+2I^-$$
$$H_2S+I_2 \rightleftharpoons S\downarrow+2I^-+2H^+$$

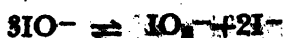
ক্ষীণ বিজারক দ্রবণ হলে {As(III), Sb(III), $Fe(CN)_6^{4-}$} রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় কেবলমাত্র প্রশম দ্রবণে অথবা ক্ষীণ অ্যাসিডীয় দ্রবণে। এই অবস্থায় বিজারক দ্রবের বিজারণ—পোটেনসিয়াল সব থেকে কম থাকে অর্থাৎ তাদের বিজারণ-ক্ষমতা সব থেকে বেশী হয়ঃ

$$H_3AsO_3+I_2+H_2O \rightleftharpoons H_3AsO_4+2I^-+2H^+$$

যথোপযুক্ত pH নিয়ন্ত্রণ করে H_3AsO_3-কে I_2 দ্বারা অনুমাপন করা যায়, আবার H_3AsO_4-কে আয়োডাইডমিতি দ্বারা অনুমাপন করা সম্ভব।

যখন তীব্র জারক দ্রবণ ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $Ce(SO_4)_2$, ইত্যাদি) প্রশম অথবা অ্যাসিডীয় অবস্থায় অতিরিক্ত আয়োডাইড আয়নের সাথে বিক্রিয়া ঘটায়, তখন আয়োডাইড আয়ন বিজারক দ্রব হিসাবে বিক্রিয়া করে এবং জারক দ্রব মাত্রিকভাবে বিজারিত হয়। সুতরাং আয়োডাইড হতে দ্রবণে মাত্রিকভাবে I_2 মুক্ত হয় এবং এই মুক্ত I_2 কোন প্রমাণ বিজারক দ্রবণ ($Na_2S_2O_3$) দ্বারা অনুমাপন করা হয়। কতকগুলি জারক দ্রবের সাথে আয়োডাইড আয়নের বিক্রিয়া সমীকরণ নীচে দেওয়া হলঃ

$$Cr_2O_7^{2-}+14H^++6I^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+}+3I_2+7H_2O$$
$$2MnO_4^-+16H^++10I^- \rightleftharpoons 2Mn^{2+}+5I_2+8H_2O$$
$$2Ce^{4+}+2I^- \rightleftharpoons 2Ce^{3+}+I_2$$
$$2Cu^{2+}+4I^- \rightleftharpoons 2CuI+I_2$$

দ্রবণের pH যখন<8 থাকে, তখন $I_2 \rightarrow I^-$ সিস্টেমের বিজারণ পোটেন-সিয়াল pH-নির্ভর নয়; কিন্তু দ্রবণের pH>8 হলে I_2-র সাথে OH^- আয়নের বিক্রিয়া ঘটেঃ

$$I_2+2OH^- \rightleftharpoons I^-+IO^-+H_2O$$
$$3IO^- \rightleftharpoons IO_3^-+2I^-$$

9, 50. সূচক ও অন্তবিন্দু— আয়োডাইডমিতি অনুমাপনে স্টার্চ দ্রবণ (starch solution) সূচক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। আয়োডাইডের উপস্থিতিতে স্টার্চ আয়োডিনের সাথে গাঢ় নীল জটিল যোগ তৈরী করে। দ্রবণে যখন আয়োডিন গাঢ়ত্ব কমে গিয়ে 2×10^{-5} M হয়, তখনও এই

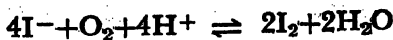
নীল রঙ দৃষ্টি গোচরে থাকে। রঙের গাঢ়ত্ব ও দ্রবণের অ্যাসিড গাঢ়ত্ব তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। অন্যান্য কতকগুলি দ্রাবক, যেমন C_2H_5OH, দ্রবণে যোগ করলে রঙের সুবেদিতা কমে যায়। সূচক হিসাবে স্টার্চ ব্যবহারের পক্ষে সবচেয়ে বড় যুক্তি স্টার্চের দাম খুবই কম। তবে স্টার্চের কতকগুলি অসুবিধাও আছেঃ
(ক) ঠাণ্ডা জলে স্টার্চ অদ্রবণীয়; (খ) জলীয় দ্রবণ অস্থায়ী; (গ) আয়োডিনের সাথে স্টার্চ জলে অদ্রবণীয় জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। সেজন্য অনুমাপন কালে আয়োডিনের বাদামী-হলুদ রঙ ফিকে হয়ে এলে পর অন্তর্বিন্দুর কিছু আগে স্টার্চ দ্রবণ যোগ করা হয়। (ঘ) দ্রবণ খুব লঘু হলে অন্তর্বিন্দুতে রঙের পরিবর্তন খুব স্পষ্ট হয় না।

এই সব কারণে অনেকে সোডিয়াম স্টার্চ গ্লাইকোলেট-কে (sodium starch glycollate) সূচক হিসাবে ব্যবহারের জন্য অনুমোদন করেন। এই সূচকের ক্ষেত্রে ঐসব অসুবিধার সম্মুখীন হতে হয় না। এই উভয় ক্ষেত্রেই অন্তর্বিন্দুতে রঙের পরিবর্তন হয় গাঢ় নীল হতে বর্ণহীন।

কিছু অনুমাপনে স্টার্চের পরিবর্তে CCl_4 অথবা $CHCl_3$ দ্রাবক দ্রবণে যোগ করা হয়। মুক্ত আয়োডিন ঐ দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়ে অমিশ্রিত (immiscible) রঙীন স্তর উৎপন্ন করে। অন্তর্বিন্দুতে অমিশ্রিত দ্রাবক স্তরটি বর্ণহীন হয়।

9, 51. স্টার্চ দ্রবণ প্রস্তুতি—কিছু স্টার্চ পাউডার (1 গ্রাম) নিয়ে প্রথমে গরম জল মিশিয়ে লেই (paste) তৈরী করা হয়, তারপর ফুটন্ত জলে (100 মি·লি·) নাড়তে নাড়তে মেশান হয়। এক মিনিট ফুটিয়ে ঠাণ্ডা করা হয়। প্রতিদিন টাট্‌কা দ্রবণ তৈরী করে নেওয়া বিধেয়।

9, 52. অনুমাপনে বিঘ্ন—আয়োডিনমিতি বা আয়োডাইডমিতি অনু-মাপনে দুই ধরণের ভ্রম হতে পারেঃ (ক) আয়োডিন উদ্বায়ী হওয়ার ফলে ফলাফল মান কম হবে; (খ) আয়োডাইডের অ্যাসিডীয় দ্রবণ বায়ুর অক্‌সিজেন দ্বারা জারিত হয়ঃ

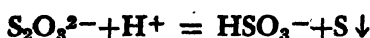
$$4I^- + O_2 + 4H^+ \rightleftharpoons 2I_2 + 2H_2O$$

অবশ্য দ্রবণে অতিরিক্ত আয়োডাইড আয়নের উপস্থিতিতে ত্রি-আয়োডাইড (I_3^-) আয়ন উৎপন্ন হয় এবং ভ্রমমাত্রা কম হয়। শংকু-কূপীতে ঠাণ্ডা দ্রবণ নিয়ে অনুমাপন বিধেয়। আয়োডাইড যোগ করার পূর্বে কিছু $NaHCO_3$ দ্রবণ মেশালে শংকু-কূপী বায়ুমুক্ত হয় এবং (খ) জনিত ভ্রমমাত্রা কম হয়।

9, 53. সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ প্রস্তুতি—সোডিয়াম থায়োসালফেট $Na_2S_2O_3, 5H_2O$ অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় বাজারে পাওয়া যায়। কিন্তু উদত্যাগী (efflorescent) হওয়ার জন্য ইহার ফরমুলা ওজনে তারতম্য হয়। সেজন্য সঠিক পরিমাণ ওজন করে নেওয়া যায় না এবং সোডিয়াম থায়োসালফেটকে প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে গণ্য করা হয় না।

$$2S_2O_3^{2-} - 2e = S_4O_6^{2-}$$

এই সমীকরণ অনুসারে সোডিয়াম থায়োসালফেটের তুল্যাংকভার = 248·19। 6·2 গ্রাম বিশুদ্ধ সোডিয়াম থায়োসালফেট এক লিটার জলে দ্রবীভূত করলে মোটামুটি $N/_{10}$ দ্রবণ পাওয়া যায়। তারপর প্রমাণ দ্রবণের সাথে অনুমাপন দ্বারা সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ প্রমিত করা হয়।

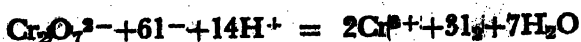
9, 54. দ্রবণ স্থায়ীত্ব—থায়োসালফেটের জলীয় দ্রবণ বেশীক্ষণ স্থায়ী হয় না। তবে পরিবাহিতা-জল (Conductivity water) মিশিয়ে দ্রবীভূত করলে অনেকদিন স্থায়ী হয়, সাধারণ পাতিত জলে CO_2 দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, এবং থায়োসালফেটের বিযোজনে সহায়তা করেঃ

$$S_2O_3^{2-} + H^+ = HSO_3^- + S\downarrow$$

তাছাড়াও উজ্জ্বল আলোক ও ব্যাকটেরিয়া জনিত বিযোজন ঘটে। এই সব কারণে প্রতিদিন ছেঁকে নিয়ে দ্রবণ প্রমিত করে নেওয়া উচিত। দ্রবণের স্থায়ীত্ব বৃদ্ধির জন্য অনেকে কিছু বিশেষ বিকারক মেশান অনুমোদন করেন। যেমন, 3 ফোঁটা $CHCl_3$ অথবা 10 মি.গ্রা. HgI প্রতি লিটার থায়োসালফেট দ্রবণে মেশালে দ্রবণটির স্থায়ীত্ব বৃদ্ধি পায়।

9, 55. থায়োসালফেট দ্রবণ প্রমিতকরণ—

(1) **পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট সহযোগে**—আগেই উল্লেখ করা হয়েছে (313 পৃষ্ঠা দেখ) $K_2Cr_2O_7$ অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় বাজারে পাওয়া যায় এবং $K_2Cr_2O_7$-কে প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

অ্যাসিডীয় দ্রবণে $K_2Cr_2O_7$ যখন KI দ্বারা বিজারিত হয়, তখন তুল্যাঙ্ক পরিমাণ I_2 মুক্ত হয়ঃ

$$Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ = 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$$

এই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হতে কিছু সময় লাগে। তাছাড়া Cr^{3+} আয়নের উপস্থিতিতে HI সহজে বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। সেজন্য

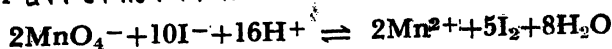
KI যোগ করার আগে কিছু $NaHCO_3$ যোগ করে শংকু-কূপী হতে বায়ু তাড়িয়ে দেওয়া হয় এবং CO_2-র উপস্থিতিতে অনুমাপন করা হয়। KI যোগ করে অন্ধকারে ঢাকা দিয়ে 5 মিনিট রাখলেই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়।

প্রণালী—একটি 500 মি. লি. শংকু-কূপীতে 100 মি. লি. টাট্‌কা তৈরী 2% $NaHCO_3$ দ্রবণ নাও, তার মধ্যে 2·5 গ্রাম মত বিশুদ্ধ KI মিশিয়ে দ্রবীভূত কর। এখন 12 মি. লি. 6(N)-HCl নাড়তে নাড়তে যোগ কর, তারপর 25 মি. লি. প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ (N/10) পিপেট দ্বারা যোগ কর। কূপীর গায়ে $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ লেগে গেলে জল দিয়ে ধুয়ে মূল দ্রবণের সাথে মিশিয়ে দাও। শংকু-কূপীর মুখে ঘড়ি কাচ ঢাকা দাও, ভালভাবে দ্রবণ মেশাও এবং অন্ধকারে 5 মিনিট রাখ। ঘড়ি কাচ জল দিয়ে ধুয়ে নাও এবং ধোয়া জল ঐ কূপীর মধ্যে নাও। জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন 300 মি. লি. কর। এখন ব্যুরেট হতে প্রমাণ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ (N/10) যোগ করে মুক্ত I_2 অনুমাপন কর। যখন বেশীর ভাগ I_2 বিজারিত হয়ে যাবে, তখন দ্রবণের রঙ হবে ফিকে হলদে-সবুজ। এই সময় স্টার্চ দ্রবণ (2 মি. লি.) মেশাও, প্রয়োজন হলে কূপীর ভিতর চারিধার জল দ্বারা ধুয়ে নাও, তারপর গাঢ় নীলাভ-বেগুনী দ্রবণ আরও থায়োসালফেট দ্রবণ মিশিয়ে অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে দ্রবণের রঙের পরিবর্তন হবে সবুজাভ-নীল হতে ফিকে সবুজ। ব্যুরেট পাঠ নিয়ে থায়োসালফেট দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

1 মি. লি. (N) $Na_2S_2O_3$ ≡ 0·04904 গ্রাম $K_2Cr_2O_7$

(2) **প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণ সহযোগে**—আয়োডিন দ্রবণ আর্সেনিয়াস অক্সাইড দ্বারা প্রমিত করে নেওয়ার পর থায়োসালফেট দ্রবণ প্রমিতকরণে ব্যবহার করা যায়। অনুমাপন প্রণালী উপরের (1) নং প্রণালীর মতই।

(3) **পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সহযোগে**—KI-র অ্যাসিডীয় দ্রবণে $KMnO_4$ দ্রবণ মেশালে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটে:

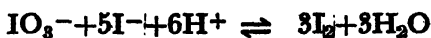
$$2MnO_4^- + 10I^- + 16H^+ \rightleftharpoons 2Mn^{2+} + 5I_2 + 8H_2O$$

এই প্রণালীতে থায়োসালফেট অনুমাপন অনুমোদনযোগ্য নয়, তবে প্রদত্ত প্রণালী অনুসারে যথাযথভাবে অনুমাপন করলে মোটামুটি বিশ্বাসযোগ্য ফল পাওয়া যায়।

প্রণালী—500 মি. লি. শংকু-কূপীতে 50 মি. লি. 12% KI দ্রবণ নাও, 2 মি. লি. গাঢ় HCl এবং 25 মি. লি. প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ (N/10) মেশাও। শংকু-কূপীর মুখ ঢাকা দিয়ে 10 মিনিট অন্ধকারে রাখ। তারপর

ব্যুরেট হতে যথারীতি (1) নং প্রণালীর মতই থায়োসালফেট দ্রবণ মিশিয়ে স্টার্চ সূচক ব্যবহার করে অনুমাপন শেষ কর। ভ্রমমাত্রা কমাবার জন্য মাপ্যহীন অনুমাপন কর (অর্থাৎ 25 মি.লি. $KMnO_4$ দ্রবণের পরিবর্তে শুদ্ধ জল মিশিয়ে অনুমাপন)। প্রথমবারের ব্যুরেট পাঠ হতে মাপ্যহীন অনুমাপনের ব্যুরেট পাঠ বাদ দিতে হবে।

9, 56. N/10-আয়োডিন দ্রবণ প্রস্তুতি—প্রথমে 25 গ্রাম বিশুদ্ধ KI নিয়ে 30 মি.লি. জলে দ্রবীভূত কর। তারপর বিশুদ্ধ আয়োডিন 12·7 গ্রাম সাধারণ তুলায় ওজন করে নিয়ে ঐ KI দ্রবণে নাড়া দিতে দিতে দ্রবীভূত কর। সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে গেলে পর জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন এক লিটার কর। এইভাবে আয়োডিন দ্রবণ তৈরী করে অন্ধকারে ভাল কাচের ছিপি যুক্ত বোতলে রেখে দিলে অনেকদিন স্থায়ী হয়।

অতিরিক্ত আয়োডাইডের উপস্থিতিতে প্রমাণ আয়োডেট দ্রবণ প্রস্তুত করে আয়োডিন দ্রবণের পরিবর্তে ব্যবহার করা যায়ঃ

$$IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \rightleftharpoons 3I_2 + 3H_2O$$

9, 57. আয়োডিন দ্রবণ প্রমিতকরণ

(1) থায়োসালফেট সহযোগে—প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা প্রমিত করা যায় (321 পৃষ্ঠা দেখ)।

$$2S_2O_3^{2-} + I_2 \rightleftharpoons S_4O_6^{2-} + 2I^-$$

(2) আর্সেনিয়াস অক্সাইড সহযোগে—সোডিয়াম বাইকার্বনেট দ্বারা সম্পৃক্ত দ্রবণে আয়োডিন আর্সেনিয়াস অক্সাইডকে মাত্রিকভাবে জারিত করেঃ

$$H_3AsO_3 + I_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3AsO_4 + 2H^+ + 2I^-$$

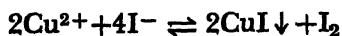
অনুমাপনের সময় দ্রবণের pH 4 এবং 10·6 মধ্যে থাকা উচিত। pH>10·6 হলে আয়োডিন OH^--র সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে হাইপো আয়োডাইট এবং আয়োডেট উৎপন্ন করে। উপযুক্ত বাফার দ্রবণ (বোরাক্স-বোরিক অ্যাসিড pH 6·2 ; Na_2HPO_4—NaH_2PO_4 দ্রবণ pH 7) যোগ করে দ্রবণের pH ঠিক রাখার অনেকে অনুমোদন করেন।

প্রণালী—অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় As_2O_3 বাজারে পাওয়া যায়। 0·2 গ্রাম As_2O_3 সঠিকভাবে ওজন করে নিয়ে 10 মি.লি. 2(N)-NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত কর। গরম কর। একই আয়তনের 2(N)-H_2SO_4 মিশিয়ে প্রশমিত

কর (লিটমাস কাগজ)। 5-6 গ্রাম $NaHCO_3$ মিশিয়ে দ্রবণ সম্পৃক্ত কর। ২ মি.লি. স্টার্চ দ্রবণ মিশিয়ে ব্যুরেট হতে আয়োডিন দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে দ্রবণ গাঢ় নীল হবে। প্রয়োজন হলে আরও $NaHCO_3$ মিশিয়ে পুনরায় আয়োডিন দ্বারা অনুমাপন কর যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণে নীল রঙ কিছুক্ষণ স্থায়ী হয়।

আয়োডিনমিতি ও আয়োডাইডমিতির সাহায্যে বিভিন্ন অনুমাপনঃ

9, 58. **কপার নির্ধারণ**—Cu (II) আয়োডাইডকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হয়ে অদ্রবণীয় কিউপ্রাস আয়োডাইড CuI অধঃক্ষেপণ ঘটায়ঃ

$$2Cu^{2+}+4I^- \rightleftharpoons 2CuI\downarrow+I_2$$

ক্ষীণ অ্যাসিডীয় দ্রবণে এই অনুমাপন করা উচিত। যদি অ্যাসিড গাঢ়ত্ব বেশী হয়, তাহলে Cu (II) অনুঘটকের উপস্থিতিতে আয়োডাইড সহজে বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় এবং CuI-র দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। আবার দ্রবণ অ্যাসিডীয় না হলে বিক্রিয়া খুব ধীর হয়। বিক্রিয়ায় মুক্ত আয়োডিন স্টার্চ সহযোগে থায়োসালফেট দ্বারা অনুমাপন করা হয়। CuI অধঃক্ষেপ আয়োডিন শোষণ (adsorb) করে। কিন্তু যদি অন্তবিন্দুর কিছু আগে থায়োসায়ানেট যোগ করা হয়, তাহলে CuI অধঃক্ষেপ আয়োডিনকে মুক্ত করে থায়োসায়ানেট শোষণ করে। তাছাড়া CuCNS-র দ্রবণীয়তা CuI থেকে কম। সেজন্য অন্তবিন্দু খুব স্পষ্ট হয়।

বিকারক—(ক) KI

(খ) NH_4CNS

(গ) প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ ($N/_{10}$)

সূচক— (ঘ) স্টার্চ দ্রবণ (1%)

প্রণালী—25 মি.লি. কপার দ্রবণ {0·1—0·3 গ্রাম Cu (II)} 250 মি.লি. শংকু-কুপীতে নাও, NH_4OH মিশিয়ে প্রশমিত কর। লঘু CH_3COOH মিশিয়ে সামান্য অ্যাসিডীয় (pH$\sim$3) কর, অধঃক্ষেপণ হয়ে থাকলে তা দ্রবীভূত কর। 3 গ্রাম KI মেশাও ও মুক্ত I_2 ব্যুরেট হতে থায়োসালফেট দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুর কিছু আগে 2 গ্রাম NH_4CNS এবং 2 মি.লি. স্টার্চ দ্রবণ মেশাও। অন্তবিন্দুতে দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

বিঘ্নকারী আয়ন—যেসব আয়ন Cu (II) অথবা Cu (I)-র সাথে বিক্রিয়া ঘটায় অথবা আয়োডাইডকে জারিত করে, তারা কপার অনুমাপনে বিঘ্ন ঘটায়ঃ As (V), Sb (V), Fe (III), NO_2^-, ইত্যাদি। অনুমাপনের সময়

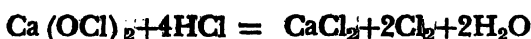
অ্যামোনিয়াম বাইফ্লুয়োরাইড NH_4HF_2 মেশালে দু'ধরনের কাজ হয়—(1) Fe(III)-র জটিল যৌগ উৎপন্ন করে দ্রবণে Fe(III) জনিত বিঘ্ন অপসারিত করে। অবশ্য সামান্য পরিমাণ Fe(III) থাকলে এটা সম্ভব। (2) বাফার দ্রবণের মত কাজ করে এবং দ্রবণের pH~3 বজায় রাখে। এই pH~3 দ্রবণে As(V) এবং Sb(V) আয়োডাইডকে জারিত করতে পারে না। দ্রবণে নাইট্রাইট থাকলে ইউরিয়া মিশিয়ে বিযোজিত করা হয়।

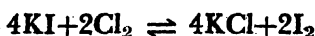
হিসাব :

$$2CuSO_4 \equiv I_2 \equiv 2Na_2S_2O_3$$

$\therefore$ 1 মি.লি. $N/_{10}$-$Na_2S_2O_3 \equiv 0.006354$ গ্রাম Cu

9, 59. ব্লিচিং পাউডার হতে প্রাপ্তিযোগ্য (*available*) ক্লোরিনের পরিমাণ নির্ধারণ—বাজারে প্রাপ্ত ব্লিচিং পাউডার প্রকৃতপক্ষে ক্যালসিয়াম হাইপো-ক্লোরাইট $Ca(OCl)_2$ এবং ক্ষারকীয় ক্লোরাইডের $CaCl_2$ $Ca(OH)_2$ H_2O সংমিশ্রণ। এই ব্লিচিং পাউডার দ্রবণে অ্যাসিড যোগ করলে ক্লোরিন মুক্ত হয় এবং এই মুক্ত Cl_2-কে প্রাপ্তিযোগ্য ক্লোরিন বলা হয়।

$$Ca(OCl)_2+4HCl = CaCl_2+2Cl_2+2H_2O$$

এখন ব্লিচিং পাউডারের অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণে KI যোগ করলে মাত্রিক-ভাবে I_2 মুক্ত হয় এবং প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা মুক্ত I_2 অনুমাপন করা হয়।

$$4KI+2Cl_2 \rightleftharpoons 4KCl+2I_2$$

প্রণালী—2·5 গ্রাম ব্লিচিং পাউডার সঠিকভাবে ওজন করে একটা পরিষ্কার কাচের খল-নুড়িতে নাও, সামান্য জল মিশিয়ে ঘষে মসৃণ লেই (smooth paste) তৈরী কর। আরও জল মিশিয়ে একটু অপেক্ষা কর, তারপর উপরের ঘোলাটে দ্রবণ 250 মি.লি. মাপক-কূপীতে মাত্রিকভাবে স্থানান্তরিত কর। এইভাবে বারংবার জল মিশিয়ে ঘষে ব্লিচিং পাউডার দ্রবণ তৈরী করে মাত্রিকভাবে মাপক-কূপীতে স্থানান্তরিত কর। তারপর জল মিশিয়ে দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। এখন ভালভাবে মিশিয়ে 25 মি.লি. অংশ পিপেট দ্বারা 250 মি.লি. শংকু-কূপীতে নাও, 2 গ্রাম KI এবং 10 মি.লি. গাঢ় CH_3COOH মেশাও। মুক্ত I_2-কে প্রমাণ থায়োসালফেট দ্বারা অনুমাপন কর।

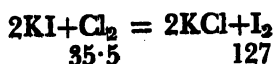
হিসাবঃ

মনে কর, (1) ব্লিচিং পাউডার ওজন করে নেওয়া হয়েছে 2·52 গ্রাম।

এবং (2) একবার অনুমাপনে থায়োসালফেট লেগেছে
$= 10$ মি. লি. $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $(N/_{10})$

এখন ব্লিচিং পাউডার দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা $= \frac{10 \times {}^{N}/_{20}}{25} = \frac{1}{50}$ N

$= N/_{50}$ আয়োডিন

$$2KI + \underset{35 \cdot 5}{Cl_2} = 2KCl + \underset{127}{I_2}$$

অতএব $N/_{50}$ আয়োডিন $= N/_{50}$ ক্লোরিন

$= \frac{35 \cdot 5}{50}$ গ্রাম/লিটার ক্লোরিন

$= \frac{35 \cdot 5}{50 \times 4}$ গ্রাম/250 মি. লি. ক্লোরিন

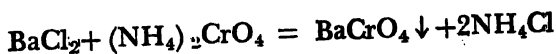
এখন 2·52 গ্রাম ব্লিচিং পাউডারে আছে $\frac{35 \cdot 5}{50 \times 4}$ গ্রাম Cl_2

অতএব 100 গ্রাম ব্লিচিং পাউডারে আছে $= \frac{35 \cdot 5 \times 100}{50 \times 4 \times 2 \cdot 52}$ গ্রাম Cl_2

$= 7 \cdot 042$ গ্রাম Cl_2

অতএব ব্লিচিং পাউডারে Cl_2 আছে 7·042%

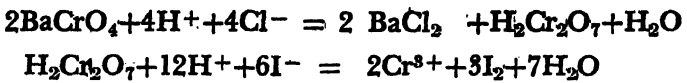
9, 60. বেরিয়াম নির্ধারণ—ক্ষীণ অ্যাসিডীয় দ্রবণ (pH 4·6) হতে অ্যামোনিয়াম ক্রোমেটের সাহায্যে $BaCrO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ

$$BaCl_2 + (NH_4)_2CrO_4 = BaCrO_4 \downarrow + 2NH_4Cl$$

এইভাবে Ca, Mg ও Sr হতে Ba-কে পৃথক করা হয়। Sr হতে পৃথক করার সময় দুবার অধঃক্ষেপণ (double precipitation) প্রয়োজন। $BaCrO_4$ অধঃক্ষেপ ছেঁকে নিয়ে লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করা হয় এবং KI-র সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে মুক্ত I_2 প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়।

প্রণালী—0·3—0·5 গ্রাম মত Ba সংবলিত 200 মি. লি. প্রশম দ্রবণ নাও, গরম কর, 1 মি. লি. অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ (30%) এবং 5 মি. লি.

অ্যামোনিয়াম ক্রোমেট দ্রবণ (10%) নাড়তে নাড়তে মেশাও। এক ঘণ্টা অপেক্ষা কর। 4নং Sintered bed মুচি দ্বারা অথবা Whatman No. 40 ছাঁকন কাগজ দ্বারা ছাঁক। দ্রবণে যদি Ca অথবা Mg থাকে, তাহলে জলের মধ্যে কয়েক ফোঁটা ক্রোমেট দ্রবণ মিশিয়ে ঐ জল দিয়ে অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও যতক্ষণ পর্যন্ত না অধঃক্ষেপ Ca, Mg মুক্ত হচ্ছে। তারপর কয়েকবার গরম জল দিয়ে ধুয়ে ক্রোমেট মুক্ত কর ($AgNO_3$ পরীক্ষা)। এখন 250 মি.লি. শংকু-কূপীতে অধঃক্ষেপ মাত্রিকভাবে স্থানান্তরিত কর, লঘু HCl (1:1) মিশিয়ে দ্রবীভূত কর, 25 মি.লি. 10% KI দ্রবণ যোগ কর। 5 মিনিট অন্ধকারে রেখে মুক্ত I_2 প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

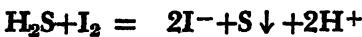
হিসাবঃ

$$2BaCrO_4+4H^++4Cl^- = 2\ BaCl_2 + H_2Cr_2O_7+H_2O$$
$$H_2Cr_2O_7+12H^++6I^- = 2Cr^{3+}+3I_2+7H_2O$$

অতএব, Ba≡3I

অথবা 1 মি.লি. (N)-$Na_2S_2O_3$ ≡ 0·04579 গ্রাম Ba

মন্তব্যঃ একইভাবে $PbCrO_4$ অধঃক্ষেপণ করে পৃথক করার পর আয়োডাইডমিতি অনুমাপন দ্বারা লেড নির্ধারণ করা হয়।

9, 61. হাইড্রোজেন সালফাইড এবং অন্যান্য সালফাইড নির্ধারণ—লঘু অ্যাসিডীয় দ্রবণে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া মাত্রিকভাবে সম্পূর্ণ হয়ঃ

$$H_2S+I_2 = 2I^-+S\downarrow+2H^+$$

ভাল ফল পেতে হলে সালফাইড লবণের দ্রবণ লঘু ($<0·04\%$) থাকা বাঞ্ছনীয়। যদি H_2S গ্যাস নির্ধারণ করতে হয় তাহলে H_2S গ্যাস প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণের ভিতর দিয়ে চালিত করে নেওয়া হয়। সালফাইড লবণ যদি কেবলমাত্র অ্যাসিডে দ্রবণীয় হয়, তাহলে প্রথমে অতিরিক্ত প্রমাণ I_2 দ্রবণ মেশানর পর দ্রবণ অ্যাসিডীয় করতে হয়, তারপর অবশিষ্ট I_2 থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়। যদি জলে দ্রবণীয় সালফাইড লবণ হয়, তাহলে অ্যাসিডীয় প্রমাণ I_2 দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা ঐ জলীয় দ্রবণ নাড়তে নাড়তে মেশান হয়, তারপর অবশিষ্ট I_2 থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়।

1 মি.লি. N/10 I_2 ≡ 0·001703 গ্রাম H_2S

বিঘ্নকারী আয়ন—সালফাইট ও থায়োসালফেট বিঘ্ন ঘটায়। এই অবস্থায় সালফাইডকে ZnS হিসাবে পৃথক করে নিয়ে অনুমাপন করা হয়।
ZnS অনুমাপন—শংকু-কূপীতে ZnS অধঃক্ষেপ (ছাঁকন কাগজ সহ) নাও, অতিরিক্ত প্রমাণ I_2 দ্রবণ মেপে নিয়ে মেশাও, 20 মি. লি. 4(N)-HCl যোগ কর। ভালভাবে ঝাঁকাও; কিছু সালফাইড দলা বেঁধে থাকলে কাচ-দণ্ড দ্বারা ভেঙে দাও। বিক্রিয়া সমাপ্ত হলে পর অবশিষ্ট I_2 প্রমাণ থায়োসালফেট দ্বারা অনুমাপন কর।

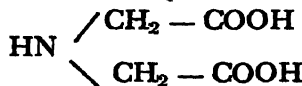
$$ZnS + I_2 = Zn^{2+} + S\downarrow + 2I^-$$

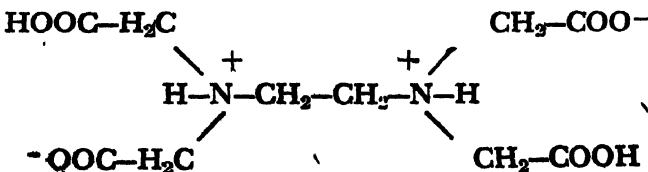
$$1 \text{ মি. লি. } N/_{10}\text{-}I_2 \equiv 0.003269 \text{ গ্রাম } Zn$$

জটিলমিতি (*Complexometry*)

9, 62. আলোচনা—বিভিন্ন বিকারকের সাহায্যে জটিল আয়ন বিক্রিয়া ধাপে ধাপে ঘটে থাকে এবং উপযুক্ত সূচকের উপস্থিতিতে এই জটিল আয়ন অনুমাপন (জটিলমিতি) করা হয়। তবে এক্ষেত্রে বিশেষ করে EDTA অনুমাপন সম্বন্ধে আলোচনা করা হবে।

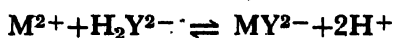
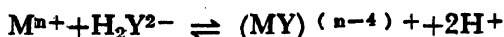
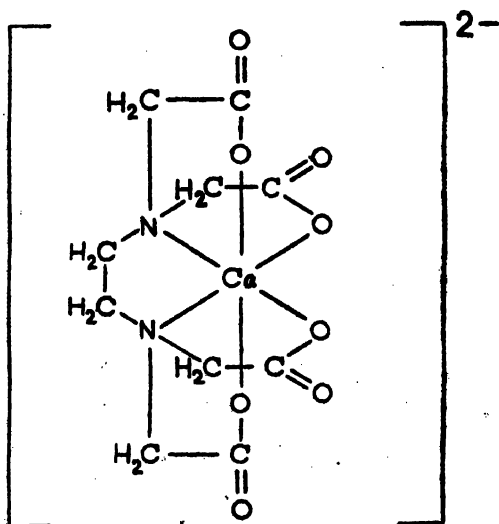
Schwarzenbach লক্ষ করেন যে, অ্যামিনোপলিকার্বক্সিলিক অ্যাসিড-গুলি দ্রবণে জটিল আয়ন উৎপন্ন করার জন্য বিশেষ উপযোগী। Schwarzenbach এদের নাম দিলেন কমপ্লেক্সোনস্ (Complexones)। এদের মধ্যে সবচেয়ে সরল হচ্ছে ইমিনোডাই অ্যাসিটিক অ্যাসিড।

$$HN\begin{matrix} \diagup CH_2 - COOH \\ \diagdown CH_2 - COOH \end{matrix}$$

অন্যান্য কমপ্লেক্সোনস্‌গুলিকে এই অ্যাসিড আহৃত বস্তু (derivatives) হিসাবে গণ্য করা হয়। এদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে নাইট্রাইলোট্রাই-অ্যাসিটিক অ্যাসিড (সংক্ষেপে NTA), ইথিলিনডাইঅ্যামিনটেট্রাঅ্যাসিটিক অ্যাসিড (সংক্ষেপে EDTA), এবং 1, 2- ডাইঅ্যামিনোসাইক্লোহেক্সন-টেট্রাঅ্যাসিটিক অ্যাসিড (সংক্ষেপে DCTA), ইত্যাদি।
EDTA-কে জুইটার আয়ন (Zwitterion) সংযুতি-সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\begin{matrix} HOOC{-}H_2C & & & & CH_2{-}COO^- \\ & \diagdown\ + & & +\ \diagup & \\ & H{-}N{-}CH_2{-}CH_2{-}N{-}H & & & \\ & \diagup & & \diagdown & \\ {}^-OOC{-}H_2C & & & & CH_2{-}COOH \end{matrix}$$

pK মানগুলি যথাক্রমে $pK_1 = 2{\cdot}0$, $pK_2 = 2{\cdot}7$, $pK_3 = 6{\cdot}2$, এবং $pK_4 = 10{\cdot}3$ (25° সে. তাপমাত্রায়)। pK মান থেকে দেখা যায় যে দুটি তীব্র অ্যাসিডীয় গ্রুপ থাকায় EDTA সাধারণভাবে ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড হিসাবে নিজেকে প্রকাশ করে। বাজারে ডাই-সোডিয়াম লবণ হিসাবে EDTA পাওয়া যায়। সরলীকরণের জন্য H_4Y সংকেত দ্বারা EDTA বোঝান হয়। তাহলে ডাইসোডিয়াম লবণ বোঝাবে Na_2H_2Y দ্বারা এবং জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন আয়ন হবে H_2Y^{2-}। সকল ধাতব ক্যাটায়নের সাথে 1 : 1 জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। উদাহরণ হিসাবে দ্বিযোজী ক্যাটায়নের সাথে বিক্রিয়া লেখা হলঃ

$$M^{2+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons MY^{2-} + 2H^+$$

সাধারণভাবে লেখা যায়

$$M^{n+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons (MY)^{(n-4)+} + 2H^+$$

অন্যভাবে বলা যায়, প্রতিটি ক্ষেত্রে এক গ্রাম আয়ন H_2Y^{2-} এক গ্রাম আয়ন ধাতুর সাথে বিক্রিয়া ঘটাবে এবং দুই গ্রাম আয়ন হাইড্রোজেন আয়ন মুক্ত হবে। উৎপন্ন জটিল যৌগগুলির সংযুতি প্রতিটি ক্ষেত্রে একপ্রকার হবে, তবে তাদের আধান (charge) পৃথক হবে। যেহেতু বিক্রিয়া সাম্যে H^+ থাকে, সেজন্য জটিল যৌগের আয়ন দ্রবণের pH মানের উপর

নির্ভরশীল ; দ্রবণের pH কমিয়ে দিলে জটিল আয়নের স্থায়ীত্ব কমে যায়। জটিল আয়নের স্থায়ীত্ব বেশী হলে কম pH দ্রবণে অনুমাপন করা সম্ভব হয়। সাধারণভাবে দ্বিযোজী ক্যাটায়নগুলিকে ক্ষারকীয় অথবা সামান্য অ্যাসডীয় দ্রবণে অনুমাপন করা হয় এবং ত্রিযোজী ও চতুর্যোজী ক্যাটায়ন-গুলিকে সামান্য অ্যাসিডীয় দ্রবণে (pH 1-3) অনুমাপন করা হয়।

9, 63. EDTA অনুমাপনের বিভিন্ন পদ্ধতি

(ক) সরাসরি অনুমাপন (*Direct titration*)—যে ধাতব আয়ন অনু-মাপন করা হবে, সেই ধাতব আয়নের দ্রবণ নিয়ে তার মধ্যে বাফার দ্রবণ মিশিয়ে দ্রবণের pH মান নির্দিষ্ট করে নেওয়া হয়, তারপর সরাসরি প্রমাণ EDTA দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়। অনেক সময় ধাতুর হাইড্রোক্-সাইড অধঃক্ষেপণ বন্ধ করার জন্য দ্বিতীয় জটিলীকরণ বিকারক (Complexing agent) যেমন, সাইট্রেট, টারট্রেট, ইত্যাদি দ্রবণে মেশান হয়। ধাতু সূচক, (metal indicator) দ্বারা অনুমাপনে অন্তবিন্দু নির্ধারণ করা হয়।

(খ) বিপরীত অনুমাপন (*Back titration*)—নানা কারণে অনেক ধাতব আয়ন সরাসরি EDTA অনুমাপন করা যায় না। সেসব ক্ষেত্রে প্রথমে ধাতব আয়নের দ্রবণে অধিক পরিমাণ প্রমাণ EDTA দ্রবণ যোগ করা হয়, তারপর দ্রবণের pH মান বাফার দ্রবণ যোগ করে নির্দিষ্ট করা হয় এবং কোন ধাতব আয়নের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা অবশিষ্ট EDTA বিপরীত অনু-মাপন করা হয়। বিপরীত অনুমাপনের জন্য সাধারণতঃ $ZnSO_4$ অথবা $MgSO_4$ প্রমাণ দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। ধাতব সূচক দ্বারা অন্ত-বিন্দু নির্ধারণ করা হয়।

(গ) প্রতিস্থাপন অনুমাপন (*Replacement titration*)—অনেক ধাতব ক্যাটায়ন আছে যারা ম্যাগনেসিয়াম-EDTA জটিল যৌগ অপেক্ষা বেশী স্থায়ী জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। মনে কর, M^{2+} ক্যাটায়ন অনুমাপন করতে হবে। তাহলে M^{2+} ক্যাটায়নের দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম-EDTA জটিল যৌগের দ্রবণ মেশাতে হবে এবং নিম্নলিখিতভাবে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটবে ঃ

$$M^{2+} + MgY^{2-} \rightleftharpoons MY^{2-} + Mg^{2+}$$

এই বিক্রিয়া M^{2+} ক্যাটায়নের তুল্যাংক পরিমাণ Mg^{2+} আয়ন মুক্ত হবে। এখন এই মুক্ত Mg^{2+} আয়নকে সরাসরি প্রমাণ EDTA দ্রবণ দ্বারা অনু-মাপন করা হয়।

(ঘ) প্রশমন অনুমাপন (*Neutralization titration*)—যখন কোন ধাতব ক্যাটায়নের দ্রবণে ডাই সোডিয়াম ইথিলিনডাইঅ্যামিনটেট্রাঅ্যাসিটেট, Na_2H_2Y, দ্রবণ মেশান হয়, তখন দুই তুল্যাংক পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন মুক্ত হয়।

$$M^{n+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons (MY)^{(n-4)+} + 2H^+$$

এই মুক্ত H^+ আয়নকে প্রমাণ NaOH দ্রবণ দ্বারা অ্যাসিড ক্ষারক সূচক ব্যবহার করে অনুমাপন করা হয়।

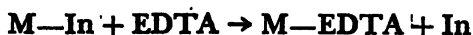
9, 64. ধাতু সূচক (*Metal ion indicators*)

EDTA অনুমাপনে ধাতব সূচকের নিম্নলিখিত শর্তাবলী মেনে চলতে হয়ঃ

(ক) অন্তবিন্দুর কাছাকাছি যখন প্রায় সমস্ত ধাতব আয়ন EDTA-র সাথে জটিল যৌগ উৎপন্ন করে তখন দ্রবণের রঙ গাঢ় থাকা প্রয়োজন।

(খ) এই রঙীন বিক্রিয়া (colour reaction) বিনির্দিষ্ট (specific) অথবা নির্বাচী (selective) হওয়া প্রয়োজন।

(গ) ধাতু সূচক যৌগের মোটামুটি স্থায়িত্ব থাকা প্রয়োজন। তবে ধাতব আয়ন-EDTA যৌগ অপেক্ষা ধাতু সূচক যৌগের স্থায়িত্ব কম হওয়া উচিত যাতে অন্তবিন্দুতে EDTA ধাতু সূচক যৌগ হতে ধাতব আয়নকে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত করতে পারে। ধাতু সূচক যৌগ হতে ধাতব আয়ন EDTA যৌগে স্থানান্তর—এই বিক্রিয়া সাম্যের পরিবর্তন দ্রুত এবং স্পষ্ট হওয়া বাঞ্ছনীয়।

$$M{-}In + EDTA \rightarrow M{-}EDTA + In$$

(ঘ) সূচকের বিশেষ সুবেদিতা (sensitivity) থাকা প্রয়োজন।

(ঙ) মুক্ত সূচক ও ধাতু সূচক যৌগের রঙের পার্থক্য যেন স্পষ্ট হয়।

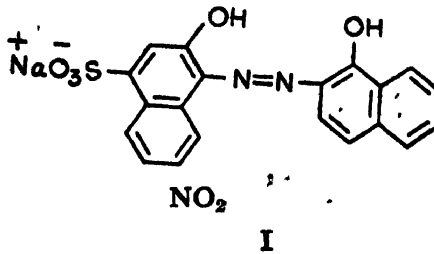
(চ) যে pH সীমার মধ্যে অনুমাপন করা হয়, সেই pH সীমার মধ্যে উপরোক্ত শর্তাবলী পূরণ হওয়া প্রয়োজন।

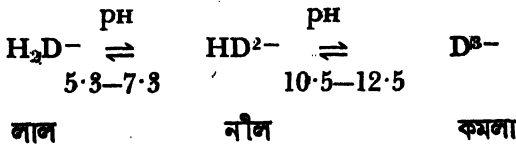
কয়েকটা ধাতু সূচকের আলোচনাঃ

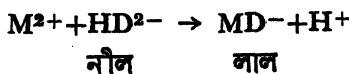
9, 65. এরিয়োক্রোম ব্ল্যাক টি (*Eriochrome Black T*)—এই বস্তুটি হচ্ছে সোডিয়াম 1—(1—হাইড্রোক্সি—2—ন্যাপ্থিল—অ্যাজো)—6—নাইট্রো—2—ন্যাপ্থল—4—সালফোনেট (1)। এর অন্যান্য নামও আছে যেমন Solochrome Black T, অথবা WDFA, ইত্যাদি।

$\overset{+}{Na}\overset{-}{O_3}S$ — N=N — OH OH

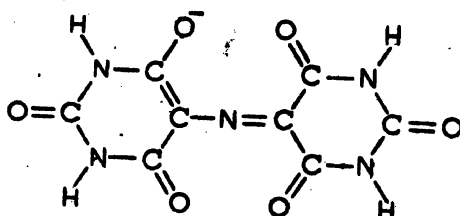
NO_2

I

তীব্র অ্যাসিডীয় দ্রবণে এই রঞ্জক পলিমারে পরিণত হয় (polymerisation) এবং লালাভ বাদামী বস্তু উৎপন্ন করে। সেজন্য EDTA অনুমাপনে এই সূচক ব্যবহার করলে দ্রবণের pH মান 6·5-র উপরে রাখা হয়। সালফোনিক অ্যাসিড গ্রুপের প্রোটন 7-12 pH সীমার অনেক আগেই মুক্ত হয়, সেজন্য বিবেচনা করার প্রয়োজন নেই। কেবল ফেনলিক OH গ্রুপের H^+ বিয়োজন বিবেচনা করা হয়। সুতরাং এই রঞ্জককে H_2D^- সংকেত দ্বারা বোঝান যেতে পারে। এই দুই হাইড্রোজেন পরমাণুর pK মান হচ্ছে যথাক্রমে 6·3 এবং 11·5। pH = 5·5-র নীচে এই রঞ্জকের রঙ হচ্ছে লাল (H_2D^-), 7-11 pH সীমার মধ্যে রঞ্জকের রঙ হচ্ছে নীল (HD^{2-}), এবং pH = 11·5-র উপরে রঞ্জকের রঙ হচ্ছে কমলা (D^{3-})।

$$\underset{\text{লাল}}{H_2D^-} \underset{5\cdot3-7\cdot3}{\overset{pH}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{নীল}}{HD^{2-}} \underset{10\cdot5-12\cdot5}{\overset{pH}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{কমলা}}{D^{3-}}$$

7-11 pH সীমার মধ্যে ধাতব আয়ন যোগ করলে সূচকের রঙ নীল হতে লাল হয়ে যায় এবং এই পরিবর্তন খুবই স্পষ্ট ঃ

$$M^{2+} + \underset{\text{নীল}}{HD^{2-}} \rightarrow \underset{\text{লাল}}{MD^-} + H^+$$

Mg, Zn, Pb, Cd, Hg, ইত্যাদি আয়নের সাথে এরূপ রঙের পরিবর্তন হয়।

সূচক দ্রবণ—0·2 গ্রাম রঞ্জক নিয়ে 15 মি. লি. ট্রাইইথানলঅ্যামিন এবং 5 মি. লি. C_2H_5OH (জলশূন্য) মিশিয়ে দ্রবীভূত কর। এই দ্রবণ কয়েকমাস স্থায়ী হবে।

9, 66. মিউরেক্সাইড (*Murexide*)—ইহা পারপিউরিক অ্যাসিডের (Purpuric acid) অ্যামোনিয়াম লবণ। নীচে অ্যানায়নের সংযুতি সংকেত (II) দেওয়া হল:

II

মিউরেক্সাইড দ্রবণ pH = 9 পর্যন্ত লালাভ-বেগুনী (H_4D^-), pH = 9 থেকে pH = 11 পর্যন্ত বেগুনী (H_3D^{2-}), এবং pH = 11-র উপরে নীল (H_2D^{3-})। ইমিডো গ্রুপ হতে ধাপে ধাপে H^+ মুক্ত হওয়ার জন্য এই রঙের পরিবর্তন। যেহেতু এরকম চারটি গ্রুপ আছে, মিউরেক্সাইডকে H_4D^- সংকেত দ্বারা বোঝান যাবে। ক্ষারকীয় হাইড্রোক্সাইড যোগ করে কেবলমাত্র দুটি অ্যাসিডীয় হাইড্রোজেন মুক্ত করা সম্ভব হয়, সেজন্য দুটি pK মান বিবেচনা করা প্রয়োজন:

$$PK_4 = 9{\cdot}2\ (H_4D^- \rightarrow H_3D^{2-})$$ এবং
$$PK_3 = 10{\cdot}5\ (H_3D^{2-} \rightarrow H_2D^{3-})$$।

মিউরেক্সাইড Ca, Ni, Co, ইত্যাদির সাথে অনুমাপনযোগ্য স্থায়ী জটিল যৌগ তৈরী করে।

সূচক দ্রবণ—জলীয় দ্রবণ স্থায়ী নয়, সেজন্য প্রতিদিন টাট্‌কা দ্রবণ তৈরী করে নেওয়া উচিত।

9, 67. প্রমাণ EDTA দ্রবণ—ডাইসোডিয়ামডাইহাইড্রোজেনইথিলিনডাইঅ্যামিনটেট্রাঅ্যাসিটেট বাজারে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় এবং প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব হিসাবে আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহার করা চলে। $Na_2H_2C_{10}H_{12}O_8N_2, 2H_2O$ সংকেতের সাথে এর সংযুতি (Composition) ঠিক মিলে যায়। ফরমুলা ওজন হচ্ছে 372·25। সরাসরি ওজন করে নেওয়া যায়। 0·1 M দ্রবণ তৈরী করতে হলে 37·225 গ্রাম সঠিক ওজন করে নিয়ে জলে দ্রবীভূত করে মাপক-কুপীতে 1 লিটার আয়তন করা হয়।

9, 68. ম্যাগনেসিয়াম নির্ধারণ

বিকারক (1) 0·1-(M) EDTA দ্রবণ—3.7 গ্রাম $Na_2H_2C_{10}H_{12}O_8N_2$, $2H_2O$ সঠিকভাবে ওজন করে 100 মি. লি. মাপক-কূপীতে নিয়ে জল মিশিয়ে দ্রবীভূত কর ও দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

(2) **এরিয়োক্রোম ব্ল্যাক টি সূচক দ্রবণ**—0·2 গ্রাম রঞ্জক নিয়ে 15 মি. লি. ট্রাই ইথানলঅ্যামিন এবং 5 মি· লি· C_2H_5OH (জলশূন্য) মিশিয়ে দ্রবীভূত কর।

(3) **বাফার দ্রবণ** (pH = 10)—17·5 গ্রাম NH_4Cl 142 মি. লি. গাঢ় NH_4OH মধ্যে যোগ কর, তারপর জল মিশিয়ে 250 মি. লি. আয়তন কর।

প্রণালী—25 মি. লি. অংশ ম্যাগনেসিয়াম দ্রবণ (প্রশম) নাও, 50 মি· লি· পাতিত জল এবং 5 মি. লি. বাফার দ্রবণ যোগ কর। 4—5 ফোঁটা সূচক দ্রবণ মিশিয়ে ব্যুরেট হতে 0·1M প্রমাণ EDTA দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে রঙের পরিবর্তন হবে লাল হতে নীল।

1 মি· লি· 0·1M—EDTA ≡ 2·432 মি. গ্রা. Mg

9, 69. ক্যালসিয়াম নির্ধারণ

বিকারক—(1) 0·1M EDTA দ্রবণ—9, 68 পরিচ্ছেদ দেখ।

(2) **মিউরেক্সাইড সূচক দ্রবণ**—সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ।

(3) 1M NaOH দ্রবণ।

প্রণালী—25 মি· লি· অংশ ক্যালসিয়াম দ্রবণ (<0·5 গ্রাম/লিটার) নাও, 50 মি· লি· পাতিত জল এবং 2 মি. লি· 1M NaOH দ্রবণ যোগ কর (pH = 12)। এখন 4—5 ফোঁটা সূচক দ্রবণ মিশিয়ে ব্যুরেট হতে 0·1M প্রমাণ EDTA দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে রঙের পরিবর্তন হবে লাল হতে রক্ত বেগুনী (purple)।

1 মি· লি· 0·1M EDTA ≡ 4·008 মি·গ্রা. Ca

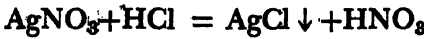
দশম অধ্যায়

তৌলিক বিশ্লেষণ (*Gravimetric Analysis*)

10·1 সিলভার

সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে সিলভারের পরিমাণ নির্ধারণঃ

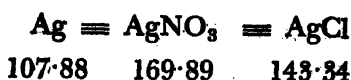
আলোচনা—$AgNO_3$-র জলীয় দ্রবণ প্রথমে লঘু HNO_3 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় করা হয়, তারপর লঘু HCl যোগ করলে AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ

$$AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3$$

অধঃক্ষেপ প্রথমে কোলয়েডীয় অবস্থায় থাকে, তবে ডাইজেসন করে নিলে তঞ্চিত (Coagulated) হয় এবং সহজে ছেঁকে নেওয়া যায়। ছাঁকনের জন্য Sintered bed মূচি ব্যবহার করার নির্দেশ দেওয়া হয়। Pb(II), Pd(II), Cu(I), Hg(I), Tl(I), CN^- এবং $S_2O_3^{2-}$ বিঘ্ন ঘটায়।

প্রণালী—$AgNO_3$ দ্রবণে (200 মি·লি·) 0·1 গ্রামের কাছাকাছি সিলভার থাকা বাঞ্ছনীয়। একটি 500 মি·লি· বীকারে প্রাপ্ত $AgNO_3$ দ্রবণ নাও, 2 মি·লি· গাঢ় HNO_3 মেশাও, পাতিত জল মিশিয়ে 190 মি·লি. আয়তন কর। তারপর 70° সে. তাপে গরম কর এবং নাড়তে নাড়তে 10 মি·লি· 0·2(N)-HCl যোগ কর। অধঃক্ষেপে সূর্যালোক যেন না লাগে। অধঃক্ষেপ নীচে না থিতান পর্যন্ত ডাইজেশন কর, তারপর ঠাণ্ডা করে দেখ উপরের স্বচ্ছ দ্রবণে HCl যোগ করলে আর অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। অধিক পরিমাণ HCl যোগ করলে ভ্রম হবার সম্ভাবনা আছে। এখন অন্ধকারে 6—10 ঘণ্টা মত অধঃক্ষেপ থিতানর জন্য রেখে দাও। ইতিমধ্যে একটি Sintered bed বা গূশ মূচি (4নং) 130° তাপমাত্রায় গরম করে শোষকাধারে ঠাণ্ডা করে স্থায়ী ওজন লিপিবদ্ধ কর। তারপর বীকারে রাখা উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ প্রথমে গূশ মূচির দ্বারা ছাঁক, থিতান অধঃক্ষেপ বীকারে থাকবে। এখন 0·1(N)-HNO_3 দ্বারা বীকারের অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ মূচিতে ঢেলে নাও। এইভাবে অধঃক্ষেপ ভালভাবে ধুয়ে নাও। তারপর অধঃক্ষেপ মূচিতে স্থানান্তরিত কর। পুনরায় 0·1(N)-HNO_3 দ্বারা ধুয়ে অধঃক্ষেপ হতে ক্লোরাইড মুক্ত কর। প্রথমে 100° সে. এবং পরে 130° সে· তাপমাত্রায় অধঃক্ষেপ শুষ্ক কর, শোষকাধারে ঠাণ্ডা কর, এবং ওজন কর। যতক্ষণ পর্যন্ত

ওজন স্থায়ী হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত বারংবার অধঃক্ষেপ শুষ্ক কর, ঠাণ্ডা কর এবং ওজন কর।

হিসাবঃ

$$\underset{107{\cdot}88}{Ag} \equiv \underset{169{\cdot}89}{AgNO_3} \equiv \underset{143{\cdot}34}{AgCl}$$

অতএব $\frac{Ag}{AgCl} = \frac{107{\cdot}88}{143{\cdot}34} = 0{\cdot}7526$

অতএব Ag-র ওজন $=$ AgCl-র ওজন $\times 0{\cdot}7526$

10, 2. লেড

(ক) লেড সালফেট হিসাবে লেড নির্ধারণঃ

আলোচনা—লেড সালফেট লঘু H_2SO_4 দ্রবণে খুবই সামান্য দ্রবণীয়। HCl এবং HNO_3 থাকলে $PbSO_4$ কিছুটা দ্রবীভূত হয়, সেজন্য দ্রবণে ক্লোরাইড অথবা নাইট্রেট থাকলে গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে ঘন সাদা ধূম নির্গত না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। Ca, Sr, Ba, Hg, Ag, Bi, Sb এবং SiO_2 বিঘ্ন ঘটায়। অন্যান্য ধাতব আয়নের উপস্থিতিতে লেডকে $PbSO_4$ হিসাবে পৃথক করা যায়।

প্রণালী—0·3 গ্রাম মত লেড নাইট্রেট ওজন করে নাও, 15 মি· লি· পাতিত জল মিশিয়ে দ্রবীভূত কর। 2 মি· লি· গাঢ় H_2SO_4 যোগ কর, বালুকগাহে (sand bath) রেখে ঘন সাদা ধূম নির্গত না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত কর, তারপর ধূম নির্গত অবস্থায় আরও 5 মিনিট উত্তপ্ত কর। উত্তপ্ত করার সময় সর্বদাই কাচদণ্ড দ্বারা নাড়া প্রয়োজন, নতুবা ছিটকিয়ে বের হয়ে আসতে পারে। এখন ঠাণ্ডা কর, সতর্কতা সহকারে 40 মি· লি· জল মিশিয়ে লঘু কর, ভালভাবে নাড়, এবং একঘণ্টা অপেক্ষা কর। তারপর একটা ওজন জানা Sintered bed বা গুশ মুচি (4 নং) দ্বারা ছাঁক। তিন-চারবার 1% H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও। পরে রেক্টিফায়েড স্পিরিট দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে সালফেট মুক্ত কর। এখন 130° সে· তাপমাত্রায় শুষ্ক করে ওজন স্থায়ী কর। $PbSO_4$ হিসাবে ওজন কর।

লেডের ওজন $=$ $PbSO_4$-র ওজন $\times 0{\cdot}6833$

(খ) লেড ক্রোমেট হিসাবে লেড নির্ধারণ

আলোচনা—এই পদ্ধতিতে লেড নির্ধারণ করলে (ক) পদ্ধতি অপেক্ষা ভ্রম-মাত্রা কম হয়, তবে অধিকাংশ ধাতব আয়নই বিঘ্ন ঘটায়। অন্যান্য ধাতব

আয়রন হতে পৃথক করে নেবার পর এই পদ্ধতিতে লেড নির্ধারণ করার জন্য অনুমোদন করা হয়।

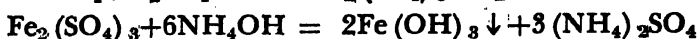
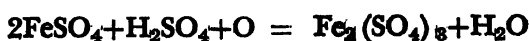
প্রণালী—0·3 গ্রাম মত লেড নাইট্রেট ওজন করে নাও, 150 মি·লি. জলে দ্রবীভূত কর। লঘু CH_3COOH মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর, গরম করে ফোটাও, তারপরে কাচনলের সাহায্যে 10 মি·লি. 4% K_2CrO_4 দ্রবণ নাড়তে নাড়তে মেশাও। 10 মিনিট আরও গরম কর। অধঃক্ষেপ বীকারের নীচে থিতিয়ে যাবে এবং উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ সামান্য হলুদ হবে। এখন ওজন জানা গুশ মুচি দ্বারা ছেঁকে নাও, গরম জলে কয়েকবার অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও। 120° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক করে ওজন স্থায়ী কর। $PbCrO_4$ হিসাবে ওজন কর।

$$\text{লেডের ওজন} = PbCrO_4\text{-র ওজন} \times 0{\cdot}6411$$

10, 3. আয়রন

আয়রন অক্সাইড হিসাবে আয়রন নির্ধারণ

আলোচনা—দ্রবণে ফেরাস লবণ থাকলে HNO_3 মিশিয়ে গরম করলে ফেরিকে রূপান্তরিত হয়। ফেরিক অবস্থায় NH_4OH মিশিয়ে $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপ ফেলা হয়।

$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$$
$$Fe_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3(NH_4)_2SO_4$$

অধঃক্ষেপ পুড়িয়ে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে Fe_2O_3-এ রূপান্তরিত হয় এবং Fe_2O_3 হিসাবে ওজন করা হয়।

প্রণালী—1·3 গ্রাম মত $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ ওজন করে নাও, 20 মি·লি. 0·1% H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত কর। 2 মি·লি. গাঢ় HNO_3 মিশিয়ে দ্রবণ 3—5 মিনিট ফোটাও। ফেরাস আয়রন জারিত হয়ে ফেরিক হবে। জল মিশিয়ে 200 মি·লি. আয়তন কর, পুনরায় গরম করে ফোটাও, তারপর ধীরে ধীরে (1:1) NH_4OH দ্রবণ নাড়তে নাড়তে মেশাও যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণ হতে অ্যামোনিয়ার গন্ধ পাওয়া যাচ্ছে। এক মিনিট ফোটাও এবং অধঃক্ষেপ থিতাবার জন্য রেখে দাও। মাত্রিক ছাঁকন কাগজে (Whatman No. 41) ছাঁক, অধঃক্ষেপ যেন বীকারে থাকে। গরম জল মিশিয়ে অধঃক্ষেপ 2—3 বার ধুয়ে নাও, তারপর অধঃক্ষেপ ছাঁকন কাগজে স্থানান্তরিত কর। প্রয়োজন হলে রবার প্রক্ষালক (Policeman) ব্যবহার

কর। 2% গরম অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং সালফেট মুক্ত কর (দ্রবণে ক্লোরাইড থাকলে ক্লোরাইড মুক্ত করতে হবে)। এখন একটা পোর্সেলীন অথবা সিলিকা মুচি উত্তপ্ত করে স্থায়ী ওজন লিপিবদ্ধ কর। তারপর অধঃক্ষেপ সহ ছাঁকন কাগজ ভাঁজ করে মুচির মধ্যে রাখ এবং সপ্তম অধ্যায়, 7, 19 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী শুষ্ক কর ও উত্তপ্ত কর। শোষকাধারে ঠাণ্ডা করে ওজন নাও। এইভাবে উত্তপ্ত করে, ঠাণ্ডা করে, ওজন নিয়ে স্থায়ী ওজন লিপিবদ্ধ কর। Fe_2O_3 হিসাবে ওজন কর।

হিসাবঃ

$$\underset{111{\cdot}68}{2Fe} = \underset{159{\cdot}68}{Fe_2O_3} = \underset{784{\cdot}26}{2FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O}$$

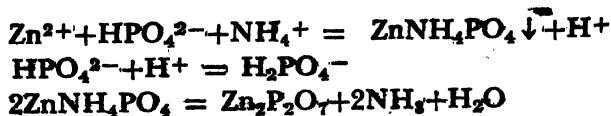
অতএব $\dfrac{2Fe}{Fe_2O_3} = \dfrac{111{\cdot}68}{159{\cdot}68} = 0{\cdot}6994$

অতএব, Fe-র ওজন $=$ Fe_2O_3-র ওজন $\times\ 0{\cdot}6994$

10, 4. জিংক

জিংক অ্যামোনিয়াম ফসফেট হিসাবে জিংক নির্ধারণ

আলোচনা—দ্রবণ হতে জিংক অ্যামোনিয়াম ফসফেট, $ZnNH_4PO_4, H_2O$ হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং শুষ্ক করে 105° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে $ZnNH_4PO_4$ হিসাবে পাওয়া যায়। 800—900° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে জিংক পাইরোফসফেট $Zn_2P_2O_7$ হিসাবে পাওয়া যায়। যে সমস্ত ধাতব আয়ন অদ্রবণীয় ফসফেট তৈরী করে, তারা এই বিশ্লেষণে বিঘ্ন ঘটায়।

$$Zn^{2+} + HPO_4^{2-} + NH_4^+ = ZnNH_4PO_4\downarrow + H^+$$
$$HPO_4^{2-} + H^+ = H_2PO_4^-$$
$$2ZnNH_4PO_4 = Zn_2P_2O_7 + 2NH_3 + H_2O$$

6·4—6·9 pH সীমার মধ্যে অধঃক্ষেপণ সমাধা করলে ভাল ফল পাওয়া যায়।

প্রণালী—0·1 গ্রাম মত জিংক সহ দ্রবণ নাও। 1 মি. লি. গাঢ় HCl যোগ কর, এক ফোঁটা মিথাইল রেড সূচক মিশিয়ে এবং ফোঁটা ফোঁটা 1 : 1 NH_4OH দ্রবণ মিশিয়ে প্রাপ্ত দ্রবণ প্রশমিত কর। জল মিশিয়ে 150 মি. লি. আয়তন কর। গরম করে ফোটাও, 25 মি. লি. 10% বিশুদ্ধ ডাই অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা যোগ কর। জলগাহে রেখে আধঘণ্টা থেকে

একঘণ্টা মত ডাইজেশন কর ; বীকারের নীচে কেলাসিত অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়বে। পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা কর। এখন গুশ মুচি দ্বারা ছেঁকে নাও, প্রথমে 1% ডাই অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং ক্লোরাইড মুক্ত কর। তারপর 50% C_2H_5OH দ্বারা অধঃক্ষেপ হতে ফসফেট মুক্ত কর। 105° সে. তাপমাত্রায় বায়ুগাহে একঘণ্টা শুষ্ক কর। $ZnNH_4PO_4$ হিসাবে ওজন কর।

পাইরোফসফেট হিসাবে ওজন করতে হলে গুশ মুচির পরিবর্তে মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক, তারপর অধঃক্ষেপ আগের মতই ধুয়ে নিয়ে ওজন জানা পর্সেলীন অথবা সিলিকা মুচিতে রেখে শুষ্ক কর, 800—900° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কর, শোষকাধারে ঠাণ্ডা কর এবং $Zn_2P_2O_7$ হিসাবে ওজন কর (সপ্তম অধ্যায়, 7, 19 পরিচ্ছেদ দেখ)। এইভাবে ওজন স্থায়ী কর।

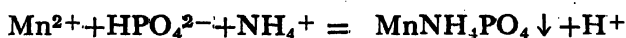
জিংকের ওজন $=$ $Zn_2P_2O_7$-র ওজন $\times\ 0{\cdot}4291$

অথবা, জিংকের ওজন $=$ $ZnNH_4PO_4$-র ওজন $\times\ 0{\cdot}3665$

10, 5. ম্যাঙ্গানীজ

ম্যাংগানীজ অ্যামোনিয়াম ফসফেট হিসাবে ম্যাংগানীজ নির্ধারণ

আলোচনা—অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম লবণ সহ সামান্য অ্যামোনীয় দ্রবণ হতে ম্যাংগানীজ অ্যামোনিয়াম ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। 105° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক করে $MnNH_4PO_4$ হিসাবে ওজন করা হয়, অথবা 700—800° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ম্যাংগানীজ পাইরোফসফেট $Mn_2P_2O_7$ হিসাবে ওজন করা হয়। ক্ষারকীয় ধাতু ছাড়া অন্য কোন ধাতু অনুপস্থিত থাকা বাঞ্ছনীয়।

$$Mn^{2+} + HPO_4^{2-} + NH_4^+ = MnNH_4PO_4\downarrow + H^+$$

প্রণালী—0·15 গ্রাম মত Mn সহ সামান্য অ্যাসিডীয় ম্যাংগানীজ দ্রবণ নাও, জল মিশিয়ে 200 মি·লি. আয়তন কর। লঘু NH_4OH মিশিয়ে প্রশমিত কর, 20 গ্রাম NH_4Cl এবং সামান্য অতিরিক্ত ডাই অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট দ্রবণ (200 মি·লি. 10% দ্রবণ) যোগ কর। এখন অধঃক্ষেপণ হলে লঘু HCl মিশিয়ে তা দ্রবীভূত কর। গরম করে ফোটাও, এবং লঘু NH_4OH (1:3) নাড়তে নাড়তে যোগ কর। যখনই অধঃক্ষেপণ হতে সুরু হবে, NH_4OH যোগ করা বন্ধ কর। গরম করে নাড়তে নাড়তে ডাই-জেশন কর—কেলাসিত অধঃক্ষেপ $MnNH_4PO_4 \cdot H_2O$ পাওয়া যাবে। নাড়তে নাড়তে আরও কয়েক ফোঁটা NH_4OH যোগ কর। অধঃক্ষেপণ আর

না হলে NH_4OH যোগ করার প্রয়োজন নেই। অতিরিক্ত NH_4OH ক্রমমাত্রা বাড়িয়ে দেবে। অধঃক্ষেপণকালীন সর্বদাই দ্রবণের তাপমাত্রা 90—95° সে. রাখা প্রয়োজন। এখন পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় দুঘণ্টা রেখে দাও। গুশ মুচি দ্বারা ছাঁক, 1% NH_4NO_3-র ঠাণ্ডা দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং ক্লোরাইড মুক্ত কর। তারপর কয়েকবার রেক্‌টিফায়েড স্পিরিট দ্বারা ধুয়ে নাও। এখন বায়ুগাহে রেখে 100—105° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক কর। $MnNH_4PO_4$ হিসাবে ওজন কর।

জিংকের মতই অধঃক্ষেপ মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছেঁকে, 700—800° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে $Mn_2P_2O_7$ হিসাবে ওজন করা যায়।

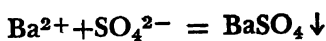
ম্যাঙ্গানীজের ওজন = $MnNH_4PO_4$-র ওজন × 0·2954

অথবা ম্যাঙ্গানীজের ওজন = $Mn_2P_2O_7$-র ওজন × 0·3872

10, 6. বেরিয়াম

(ক) বেরিয়াম সালফেট হিসাবে বেরিয়াম নির্ধারণ

আলোচনা—এই পদ্ধতিতে বেশী বিশ্লেষণ করা হয়। Ca, Sr, Pb, ইত্যাদি বিঘ্ন ঘটায়

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$$

ঠাণ্ডা জলে $BaSO_4$-র দ্রবণীয়তা খুবই কম (2·5 মি.গ্রা./লিটার) গরম জলে দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। লঘু HCl অথবা HNO_3 দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি করে।

প্রণালী—100 মি. লি. বেরিয়াম দ্রবণ নাও। দ্রবণে বেরিয়ামের পরিমাণ 0·15 গ্রামের বেশী যেন না হয় এবং 1% আয়তনের অধিক গাঢ় HCl যেন না থাকে। দ্রবণ গরম করে ফোটাও, সর্বদাই নাড়তে নাড়তে (N) -H_2SO_4 ধীরে ধীরে যোগ কর। সামান্য অতিরিক্ত H_2SO_4 মেশাও। জলগাহে ডাইজেশন কর—কেলাসিত অধঃক্ষেপ নীচে থিতিয়ে যাবে। মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক। এক লিটার জলে দু ফোঁটা H_2SO_4 মেশাও এবং ঐ জল সামান্য গরম করে অধঃক্ষেপ ধুয়ে ক্লোরাইড মুক্ত কর। তারপর কয়েকবার জল দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে H_2SO_4 মুক্ত কর। অধঃক্ষেপ সহ ছাঁকন কাগজ ভাঁজ করে ওজন জানা পর্সেলীন অথবা সিলিকা মুচিতে নাও, সাবধানে শুষ্ক কর, তারপর ধীরে ধীরে তাপ বৃদ্ধি করে 900—1000° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কর (ছাঁকন কাগজ পোড়ানোর সময় কখনও যেন তা প্রজ্বলিত শিখা সহযোগে না পোড়ে, তা দেখতে হবে। ছাঁকন কাগজের কার্বন বিজারন হতে সাবধান)। ওজন স্থায়ী হলে $BaSO_4$ হিসাবে ওজন লিপিবদ্ধ কর।

বেরিয়ামের ওজন = $BaSO_4$-র ওজন × 0·5885

(খ) বেরিয়াম ক্রোমেট হিসাবে বেরিয়াম নির্ধারণ

আলোচনা—এই পদ্ধতিতে Sr এবং Ca হতে Ba পৃথক করা যায়। তবে অধিকাংশ ধাতব ক্রোমেট অদ্রবণীয়, সেজন্য এই পদ্ধতির ব্যবহার সীমাবদ্ধ।

অ্যাসিটেট বাফার দ্রবণ pH 5·5 মাধ্যমে $BaCrO_4$ অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। বেশী পরিমাণ Sr অথবা Ca থাকলে দ্বিতীয়বার অধঃক্ষেপণ বাঞ্ছনীয়। $BaCrO_4$ অধঃক্ষেপ pH 2 অ্যাসিডীয় দ্রবণে দ্রবণীয়।

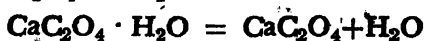
প্রণালী—0·3 গ্রাম মত $BaCl_2$ ওজন করে নাও, 200 মি. লি. জলে দ্রবীভূত কর। এখন 1 মি. লি. 6(N)-CH_3COOH এবং 10 মি. লি. প্রশমিত 3(N)-অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ যোগ কর, গরম করে ফোটাও, 10 মি. লি. 10% K_2CrO_4 দ্রবণ ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে যোগ কর। জলগাহে ডাইজেশন কর আধঘণ্টা—অধঃক্ষেপ নীচে থিতিয়ে যাবে। আরও এক ফোঁটা K_2CrO_4 দ্রবণ যোগ করে পরীক্ষা কর উপরের স্বচ্ছ দ্রবণে অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। ঠাণ্ডা কর, ওজন জানা গুচ মুচিতে ছাঁক, গরম জল দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে ক্রোমেট মুক্ত কর। 120° সে. তাপমাত্রায় বায়ুগাহে রেখে ওজন স্থায়ী কর। $BaCrO_4$ হিসাবে ওজন কর।

$$\text{বেরিয়ামের ওজন} = BaCrO_4\text{-র ওজন} \times 0{\cdot}5421$$

10, 7. ক্যালসিয়াম

ক্যালসিয়াম অক্সাইড হিসাবে ক্যালসিয়াম নির্ধারণ

আলোচনা—লঘু HCl-এ ক্যালসিয়াম দ্রবণ নিয়ে তার মধ্যে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ মেশানো হয়, তারপর সমগ্র মিশ্রণে লঘু NH_4OH মিশিয়ে প্রশম করা হয়। অধঃক্ষিপ্ত $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ ছেঁকে নিয়ে লঘু অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্বারা ধুয়ে নিয়ে 105° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক করে সরাসরি ওজন নেওয়া যায়। অথবা 1200° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে CaO হিসাবে ওজন নেওয়া যায়।

$$Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} + H_2O = CaC_2O_4 \cdot H_2O \downarrow$$
$$CaC_2O_4 \cdot H_2O = CaC_2O_4 + H_2O$$
$$CaC_2O_4 = CaCO_3 + CO$$
$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

প্রণালী—ক্যালসিয়ামের লঘু HCl দ্রবণ 25 মি. লি. (0·2 গ্রাম Ca) একটি 500 মি. লি. বীকারে নাও, জল মিশিয়ে 200 মি. লি আয়তন কর। 2 ফোঁটা

মিথাইল রেড সূচক দ্রবণ যোগ কর। গরম করে ফোটাও, 20 মি. লি 10% অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ গরম অবস্থায় নাড়তে নাড়তে ধীরে ধীরে মেশাও। এখন লঘু NH_4OH (1:1) ফোঁটা ফোঁটা মিশিয়ে দ্রবণকে প্রশম কর অথবা সামান্য অ্যামোনীয় কর (দ্রবণের রঙ লাল হতে হলুদ হয়)। একঘণ্টা অপেক্ষা কর। অধঃক্ষেপ নীচে থিতিয়ে গেলে পর উপরের স্বচ্ছ দ্রবণে এক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম অক্সালেট যোগ করে দেখ আরও অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হলে আর অধঃক্ষেপ গঠন হবে না।

ক্যালসিয়াম অক্সালেট হিসাবে ওজন করতে হলে ঐ অধঃক্ষেপ গুচ্ মুচিতে ছেঁকে নাও। প্রয়োজন হলে অধঃক্ষেপ স্থানান্তরের জন্য রবার প্রক্ষালক ব্যবহার কর। এখন লঘু অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ (0·1%) দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে ক্লোরাইড মুক্ত কর। তারপর বায়ুগাহে রেখে 105° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক কর। $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ হিসাবে স্থায়ী ওজন নাও। এই পদ্ধতিতে ভ্রমমাত্রা বেশী হয়। ক্যালসিয়াম অক্সাইড হিসাবে ওজন করতে হলে ঐ অধঃক্ষেপ মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছেঁকে নাও এবং আগের মতই ক্লোরাইড মুক্ত কর। তারপর অধঃক্ষেপ সহ ছাঁকন কাগজ সিলিকা মুচিতে নিয়ে 1000—1200° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কর, শোষকাধারে ঠাণ্ডা কর এবং ওজন স্থায়ী হলে CaO হিসাবে ওজন লিপিবদ্ধ কর।

ক্যালসিয়ামের ওজন $= CaC_2O_4 \cdot H_2O$-র ওজন $\times$ 0·2743

অথবা ক্যালসিয়ামের ওজন $=$ CaO-র ওজন $\times$ 7147

10, 8. ম্যাগনেসিয়াম

(ক) ম্যাগনেসিয়াম পাইরোফসফেট হিসাবে ম্যাগনেসিয়াম নির্ধারণ

আলোচনা—ম্যাগনেসিয়ামের ঠাণ্ডা অ্যাসিডীয় দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ ডাই অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট মেশান হয়, তারপর দ্রবণটি অ্যামোনীয় করলে কেলাসিত ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেট হেক্সা-হাইড্রেট $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Mg^{2+} + HPO_4^{2-} + NH_4^+ + OH^- = MgNH_4PO_4 \downarrow + H_2O$$

জলে এই অধঃক্ষেপের দ্রবণীয়তা বেশী, কিন্তু লঘু NH_4OH মাধ্যমে দ্রবণীয়তা কমে যায়। এই অধঃক্ষেপের অতি সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করার প্রবণতা আছে। সেজন্য এই অধঃক্ষেপ ছেঁকে নেবার আগে অনেকক্ষণ রেখে দেওয়া হয়। 0·8M-NH_4OH দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নিয়ে সরাসরি $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ হিসাবে গুচ্ মুচিতে ওজন করা যায়, অথবা উত্তপ্ত করে $Mg_2P_2O_7$ হিসাবে ওজন করা যায়।

প্রণালী—0·6 গ্রাম $MgSO_4$ ওজন করে নাও, 5 মি. লি. গাঢ় HCl যোগ কর, জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন 150 মি. লি. কর। 2 ফোঁটা মিথাইল রেড সূচক দ্রবণ এবং 10 মি. লি. 25% টাট্‌কা তৈরী ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট দ্রবণ যোগ কর। এখন ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে গাঢ় NH_4OH মেশাও। সূচক হলুদ হয়ে যাবে। পাঁচ মিনিট ধরে ক্রমাগত নাড়তে থাক। আরও 5 মি. লি. গাঢ় NH_4OH মিশিয়ে নাড়। ঠাণ্ডা জায়গায় একরাত্রি রেখে দাও। অধঃক্ষেপ মাত্রিক ছাঁকন কাগজে (whatman 42) ছাঁক, 0·8M-NH_4OH দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে ক্লোরাইড মুক্ত কর। অধঃক্ষেপ সহ ছাঁকন কাগজ ভাঁজ করে নিয়ে ওজন জানা সিলিকা মুচিতে রাখ, শুষ্ক করে, 1100° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে, শোষকাধারে ঠাণ্ডা করে ওজন স্থায়ী কর। মুচিতে রাখা অবশেষ সাদা না হলে এক ফোঁটা গাঢ় HNO_3 মিশিয়ে পুনরায় উত্তপ্ত কর। $Mg_2P_2O_7$ হিসাবে ওজন কর।

হিসাব: $\dfrac{Mg}{Mg_2P_2O_7} = 0{\cdot}21852$

(খ) ম্যাগনেসিয়াম অক্‌সিনেট হিসাবে ম্যাগনেসিয়াম নির্ধারণ

আলোচনা—ক্ষারীয় ধাতু ছাড়া অন্যান্য ধাতু দ্রবণে থাকলে তা পৃথক করে নেওয়া প্রয়োজন। $Mg(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$ হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

প্রণালী—0·2 গ্রাম $MgSO_4$ সঠিক ওজন করে নাও, 100 মি. লি. জলে দ্রবীভূত কর। 2 গ্রাম NH_4Cl এবং 0·5 মি. লি. O-ক্রেজলথলিন সূচক দ্রবণ (0·2% C_2H_5OH দ্রবণ) যোগ কর। লঘু NH_4OH (1:1) মিশিয়ে প্রশম কর। দ্রবণের রঙ বেগুনী হবে (pH 9·5)। আরও 2 মি. লি. NH_4OH যোগ কর। 70—80° সে. তাপমাত্রায় গরম কর। 2(N)-CH_3COOH-এ 1% অক্‌সিন দ্রবণ ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে যোগ কর। অধঃক্ষেপ থিতিয়ে গেলে পর উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ হলুদ হলে বুঝতে হবে আর অক্‌সিন যোগ করার প্রয়োজন নেই। অক্‌সিনের পরিমাণ বেশী হলে নিজেই অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ভ্রমমাত্রা বৃদ্ধি করে। 10 মিনিট জলগাহে রেখে নাড়তে নাড়তে ডাইজেশন কর। এখন ওজন জানা গুশ মুচিতে অধঃক্ষেপ ছাঁক, লঘু NH_4OH (1:40) দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও। পরিস্রুত বর্ণহীন হলে বুঝতে হবে আর ধোয়ার প্রয়োজন নেই। বায়ুগাহে রেখে 100—110° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক কর। $Mg(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$ হিসাবে ওজন স্থায়ী কর।

ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= Mg(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$-র ওজন $\times$ 0·06975

10, 9 ক্লোরাইড

সিলভার ক্লোরাইড হিসাবে ক্লোরাইড নির্ধারণ

প্রণালী—সিলভার নির্ধারণের মত তত্ত্ব ও পদ্ধতি প্রণালী একই। কেবল $AgNO_3$ দ্রবণের পরিবর্তে NaCl দ্রবণ নিতে হবে এবং HCl-র পরিবর্তে পরিমাণ মত $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করতে হবে। AgCl হিসাবে ওজন কর [10, 1 পরিচ্ছেদ দেখ]।

ক্লোরাইডের ওজন = AgCl-র ওজন × 0·2474

10, 10 সালফেট

বেরিয়াম সালফেট হিসাবে সালফেট নির্ধারণ

প্রণালী—বেরিয়াম নির্ধারণের মতই তত্ত্ব ও পদ্ধতি প্রণালী একই। Ba দ্রবণের পরিবর্তে সালফেট দ্রবণ নাও এবং H_2SO_4-র পরিবর্তে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ কর। $BaSO_4$ হিসাবে ওজন কর [10, 6 (ক) পরিচ্ছেদ দেখ]।

সালফেটের ওজন = $BaSO_4$-র ওজন × 0·4116

একাদশ অধ্যায়

মিশ্রণে উপাদানগুলির মাত্রিকভাবে পৃথকীকরণ ও পরিমাণ নির্ধারণ

(Quantitative seperation and estimation of the constituents in a mixture)

11, 1. মিশ্রণে অবস্থিত আয়রন ও ক্যালসিয়ামের পরিমাণ নির্ধারণ

মনে কর একটা মাপক-কূপীতে কিছু আয়রন ক্যালসিয়াম মিশ্রণের দ্রবণ দেওয়া হয়েছে। তাহলে প্রথমে পাতিত জল মিশিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর। এখন ভালভাবে মিশিয়ে একটা প্রয়োজনের মত অংশ দ্রবণ পিপেট দ্বারা 500 মি. লি. বীকারে স্থানান্তরিত কর। ২ মি·লি গাঢ় HNO_3 মিশিয়ে দ্রবণ ফোটাও, ফেরাস আয়রন থাকলে জারিত হয়ে ফেরিক আয়রনে রূপান্তরিত হবে। জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন ২00 মি. লি. কর। ২ গ্রাম NH_4Cl মিশিয়ে দ্রবণ গরম কর, তারপর নাড়তে নাড়তে লঘু NH_4OH (1:1) যোগ কর। $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হবে। দ্রবণে অ্যামোনিয়ার গন্ধ না পাওয়া পর্যন্ত NH_4OH যোগ কর। এক মিনিট ফোটাও, এবং অধঃক্ষেপ থিতাবার জন্য কিছুক্ষণ রেখে দাও। এখন প্রচলিত পদ্ধতি অনুসারে অধঃক্ষেপ মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক, গরম জল মিশিয়ে ২—৩ বার ধুয়ে নাও। দ্বিতীয় বীকারে পরিস্রুত রাখ।

ভ্রমমাত্রা কমাবার জন্য দ্বিতীয়বার অধঃক্ষেপণ প্রয়োজন। সেজন্য ছাঁকন কাগজ হতে প্রথম বীকারে প্রথমে জলের ফোয়ারা ও পরে গরম HCl দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ স্থানান্তরিত কর। অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত করার জন্য যতটুকু গাঢ় HCl প্রয়োজন, ঠিক ততটুকু অ্যাসিড যোগ করা প্রয়োজন। 1 গ্রাম NH_4Cl ও লঘু NH_4OH (1:1) মিশিয়ে পুনরায় $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত কর। যথারীতি অধঃক্ষেপ মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক, প্রয়োজন হলে প্রক্ষালকের সাহায্য নাও। ২% গরম NH_4NO_3 দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং Ca মুক্ত কর। দশ-বারো বার ধুয়ে নেওয়ার পর Ca-র উপস্থিতি পরীক্ষা কর। প্রথম পরিস্রুতের সাথে দ্বিতীয় পরিস্রুত্ যোগ কর এবং এই পরিস্রুত্ হতে ক্যালসিয়াম নির্ধারণ কর।

আয়রনের পরিমাণ নির্ধারণ—এই অধঃক্ষেপ HCl (1:1)-এ দ্রবীভূত করে প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা (9, 47 পরিচ্ছেদ দেখ) অথবা প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা (9, 36 পরিচ্ছেদ দেখ) আয়রনের পরিমাণ নির্ধারণ কর।

ক্যালসিয়ামের পরিমাণ নির্ধারণ—পরিস্রুতের মিশ্রণ নিয়ে CaO হিসাবে (10, 7 পরিচ্ছেদ দেখ) অথবা প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা (9, 37 পরিচ্ছেদ দেখ) ক্যালসিয়ামের পরিমাণ নির্ধারণ কর।

11, 2. মিশ্রণে অবস্থিত আয়রন ও কপারের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কুপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

(ক) **প্রথম পদ্ধতি**—11, 1 পরিচ্ছেদের মতই দ্বিতীয়বার $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপণ করে কপার দ্রবণ হতে আয়রন পৃথক কর। পরিস্রুতের মধ্যে জটিল অ্যামিন হিসাবে কপার থাকবে।

পৃথক করার পর $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপ নিয়ে আগের মতই আয়রন নির্ধারণ কর। পরিস্রুত্ বাষ্পীভূত করে 5 মি. লি. আয়তন কর, 2 মি. লি. গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে উত্তপ্ত করে ধূমায়িত কর। পাঁচ মিনিট ধূমায়িত অবস্থায় রাখ। দ্রবণে অবস্থিত ক্লোরাইড, নাইট্রেট দূরীভূত হবে। এখন ঠান্ডা করে জল মিশিয়ে লঘু করে 9, 58 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী আয়োডাইডমিতি সাহায্যে অনুমাপন কর এবং কপারের পরিমাণ নির্ধারণ কর।

(খ) **দ্বিতীয় পদ্ধতি**—প্রথমে প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নিয়ে 9, 58 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী NH_4HF_2 মিশিয়ে আয়রনের উপস্থিতিতে সরাসরি কপার নির্ধারণ কর।

তারপর দ্বিতীয় অংশ প্রাপ্ত দ্রবণ নিয়ে NH_4OH (1:1) মিশিয়ে প্রশম কর। দ্রবণে সামান্য পরিমাণ অধঃক্ষেপণ হবে। ঐ অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত করার জন্য যতটুকু পরিমাণ লঘু H_2SO_4 প্রয়োজন ঠিক ততটুকু পরিমাণ H_2SO_4 যোগ কর। তারপর জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন 100 মি. লি. কর, 2 মি. লি. গাঢ় H_2SO_4 সাবধানে মেশাও, গরম করে দ্রবণ ফোটাও, এবং গরম থাকাকালীন H_2S ধীরে ধীরে চালিত কর। প্রয়োজন অনুসারে পুনরায় গরম করে H_2S চালিত কর। সমগ্র কপার CuS হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হবে। অধঃক্ষেপ থিতাবার পর মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক, H_2S মিশ্রিত জল দ্বারা অধঃক্ষেপ 10—12 বার ধুয়ে নাও এবং Fe মুক্ত কর। পরিস্রুত্ ও ধোয়া জল একসাথে নিয়ে আয়রনের পরিমাণ নির্ধারণ কর। দ্রবণ হতে H_2S দ্রবীভূত করার পর 9, 36 পরিচ্ছেদ অথবা 9, 47 পরিচ্ছেদ অনুসারে আয়রন অনুমাপন কর।

11, 3. মিশ্রণে অবস্থিত আয়রন ও ম্যাঙ্গানীজের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কুপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর। এখানে

আয়রনের উপস্থিতিতে ম্যাঙ্গানীজ নির্ধারণ করা যায়, আবার ম্যাঙ্গানীজের উপস্থিতিতে আয়রন অনুমাপন করা সম্ভব। সেজন্য পৃথকীকরণের প্রয়োজন নেই।

আয়রন নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নিয়ে 9, 36 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

ম্যাঙ্গানীজ নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণের দ্বিতীয় অংশ নিয়ে 9, 39 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী সোডিয়াম বিসমুথেট দ্বারা জারিত করে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

11, 4. মিশ্রণে অবস্থিত কপার ও জিংকের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কূপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর। জিংকের উপস্থিতিতে আয়োডাইডমিতি সাহায্যে কপার নির্ধারণ করা সম্ভব।

কপার নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নিয়ে 9, 58 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী কপার অনুমাপন কর।

জিংক নির্ধারণ—(ক)প্রথম পদ্ধতি—11, 2 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী CuS হিসাবে কপারকে পৃথক কর এবং পরিস্রুত্ নিয়ে জিংক নির্ধারণ কর।
পরিস্রুত্ হতে H_2S দূরীভূত করার পর 10, 4 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী জিংক অ্যামোনিয়াম ফসফেট অথবা জিংক পাইরোফসফেট হিসাবে নির্ধারণ কর।

(খ) **দ্বিতীয় পদ্ধতি**—প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ 250 মি. লি. বীকারে নাও, কয়েক ফোঁটা লঘু HCl মেশাও, তারপর 20—30 মি. লি. টাট্কা তৈরী সম্পৃক্ত H_2SO_3 দ্রবণ যোগ কর। জল মিশিয়ে দ্রবণের আয়তন 200 মি. লি. কর। গরম করে ফোটাও, টাট্কা তৈরী 10% NH_4CNS দ্রবণ ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে এমনভাবে মেশাও যেন সামান্য বেশী হয়। দুঘণ্টা অপেক্ষা কর, ওজন জানা গুশ মুচিতে ছেঁকে নাও। তাহলে CuCNS হিসাবে তৌলিকভাবে কপার নির্ধারণ করা সম্ভব হবে। এখন 100 মি. লি. জলে 1 মি. লি. 10% NH_4CNS এবং 5 ফোঁটা H_2SO_3 যোগ কর এবং ঐ মিশ্রণ দ্বারা অধঃক্ষেপ 10—15 বার ধুয়ে নাও। অবশেষে 20% অ্যালকোহল দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে NH_4CNS মুক্ত কর। 110° সে. তাপমাত্রায় বায়ুগাহে রেখে অধঃক্ষেপ শুষ্ক কর এবং প্রচলিত রীতি অনুযায়ী স্থায়ী ওজন নিয়ে CuCNS হিসাবে কপার নির্ধারণ কর। এখন পরিস্রুত্ নিয়ে জিংক নির্ধারণ করতে হবে।

বাষ্পীভবন দ্বারা দ্রবণের আয়তন 150 মি. লি. কর, মাত্রিকভাবে শংকু-কূপীতে স্থানান্তরিত কর। লঘু NH_4OH মিশিয়ে দ্রবণ প্রশম কর (pH = 7—8), তারপর 10 মি. লি. 2(N)-$ClCH_2COOH$ দ্রবণ এবং 10 মি. লি. (N)-CH_3COONa দ্রবণ যোগ কর। 50—60° সে. তাপমাত্রায় গরম কর, শংকু-কূপীর মুখ দুটি কাচনল সহ ছিপি দ্বারা বন্ধ কর এবং দ্রবণে H_2S চালিত কর। শংকু-কূপীস্থিত বায়ু দূর করতে 3—4 মিনিট সময় লাগবে। তারপর নির্গম-নল বন্ধ করে দাও এবং 8—10 মিনিট মাঝে মাঝে নাড়তে নাড়তে চাপ সহকারে H_2S চালিত কর। 20 মিনিট পর মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক, কিছু H_2S জল সহ 1% NH_4Cl দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও। অধঃক্ষেপ সহ ছাঁকন কাগজ পুনরায় একই শংকু-কূপীতে নাও, গরম করে H_2S তাড়িয়ে দাও, এবং ঠাণ্ডা কর। এখন অতিরিক্ত প্রমাণ $(N/_{10})$-I_2 দ্রবণ এবং 10 মি. লি. 4(N)-HCl দ্রবণ যোগ কর। ভালভাবে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে শংকু-কূপী ঝাঁকাও, সালফারের মণ্ড (lump) তৈরী হলে ঝাঁকিয়ে ভেঙ্গে ফেল, তারপর অবশিষ্ট I_2 প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

হিসাব: $ZnS + I_2 = Zn^{2+} + 2I^- + S\downarrow$

1 মি. লি. $N/_{10}$-$I_2 \equiv 0{\cdot}00369$ গ্রাম Zn

11, 5. মিশ্রণে অবস্থিত সিলভার ও কপারের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কূপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

সিলভার নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নিয়ে 10, 1 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী AgCl হিসাবে সিলভার নির্ধারণ কর।

কপার নির্ধারণ—AgCl অধঃক্ষেপ পৃথক করে নেওয়ার পর পরিস্রুত্ নিয়ে কপার নির্ধারণ করা হয়। পরিস্রুত্ বাষ্পীভূত করে H_2SO_4 দ্বারা ধূমায়িত করে আয়োডাইডমিতি সাহায্যে কপারের পরিমাণ নির্ধারণ কর (11, 2 পরিচ্ছেদ দেখ)।

11, 6. মিশ্রণে অবস্থিত ক্যালসিয়াম এবং বেরিয়ামের পরিমাণ নির্ধারণ:

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কূপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

বেরিয়াম নির্ধারণ—(ক) প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ 400 মি. লি. বীকারে নাও, পাতিত জল মিশিয়ে আয়তন 200 মি. লি. কর। এখন 1 মি. লি. 6(N)-CH_3COOH এবং 10 মি. লি. প্রশমিত 3(N)-অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ যোগ কর (pH 5·5), গরম করে ফোটাও, 10 মি. লি. 10% K_2CrO_4 দ্রবণ ধীরে ধীরে নাড়তে নাড়তে যোগ কর। জলগাহে

আধঘণ্টা ডাইজেশন কর—অধঃক্ষেপ নীচে থিতিয়ে যাবে। আরও এক ফোঁটা K_2CrO_4 দ্রবণ যোগ করে পরীক্ষা কর উপরের স্বচ্ছ দ্রবণে অধঃক্ষেপণ হয় কিনা। ঠাণ্ডা কর, ওজন জানা গুশ মুচিতে ছাঁক, গরম জল দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে ক্যালসিয়াম ও ক্রোমেট মুক্ত কর। ভাল ফলাফলের জন্য দ্বিতীয়বার অধঃক্ষেপণ বাঞ্ছনীয়। দ্বিতীয়বার অধঃক্ষেপণ পদ্ধতি অনুসরণ করলে প্রথমবারে অধঃক্ষেপ Whatman No. 42 মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁকবে এবং অধঃক্ষেপ 2—3 বার ধুয়ে নিলেই চলবে। অধঃক্ষেপ সম্পূর্ণরূপে ক্যালসিয়াম ও ক্রোমেট মুক্ত করতে হলে অন্ততঃ দশ-বারো বার গরম জল দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নেওয়া প্রয়োজন, তারপর পরীক্ষা করে দেখা দরকার পরিস্রুত্ ক্রোমেট এবং ক্যালসিয়াম মুক্ত হয়েছে কিনা। অধঃক্ষেপ ক্রোমেট এবং ক্যালসিয়াম মুক্ত হলে পর 120° সে. তাপমাত্রায় বায়ুগাহে রেখে ওজন স্থায়ী কর। $BaCrO_4$ হিসাবে ওজন কর।

(খ) অন্যথায়, $BaCrO_4$ অধঃক্ষেপ পৃথক করার পর লঘু H_2SO_4 মিশিয়ে দ্রবীভূত করা হয় এবং মুক্ত $H_2Cr_2O_7$-কে অতিরিক্ত প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ মিশিয়ে অনুমাপন করা যায় (9, 48 পরিচ্ছেদ মন্তব্য দেখ)।

ক্যালসিয়াম নির্ধারণ—$BaCrO_4$ পৃথক করার পর পরিস্রুত্ নিয়ে ক্যালসিয়াম নির্ধারণ করা হয়। 9, 37 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী CaC_2O_4 অধঃক্ষিপ্ত করে, লঘু H_2SO_4 দ্বারা দ্রবীভূত করে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর।

11, 7. মিশ্রণে অবস্থিত ক্যালসিয়াম ও লেডের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কুপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

লেড নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নিয়ে 10, 2 (খ) পরিচ্ছেদ অনুযায়ী $PbCrO_4$ হিসাবে লেডকে ক্যালসিয়াম হতে পৃথক কর। $PbCrO_4$ গুশ মুচিতে নিয়ে 120° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক করে লেড তৌলিকভাবে নির্ধারণ করা যায়, অথবা $PbCrO_4$ অধঃক্ষেপ পৃথক করার পর লঘু H_2SO_4 মিশিয়ে দ্রবীভূত করা হয় এবং মুক্ত $K_2Cr_2O_7$-কে অতিরিক্ত প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ মিশিয়ে অনুমাপন করা হয় (9, 48 পরিচ্ছেদ মন্তব্য দেখ)।

ক্যালসিয়াম নির্ধারণ—$PbCrO_4$ পৃথক করার পর পরিস্রুত্ নিয়ে ক্যালসিয়াম নির্ধারণ করা হয়। 9, 37 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী ক্যালসিয়াম নির্ধারণ কর (11. 6 পরিচ্ছেদ দেখ)।

11, 4. মিশ্রণে অবস্থিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কুপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

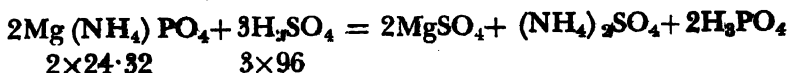
ক্যালসিয়াম নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নিয়ে 10, 7 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ হিসাবে ক্যালসিয়ামকে ম্যাগনেসিয়াম হতে পৃথক কর এবং প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা (9, 37 পরিচ্ছেদ দেখ) ক্যালসিয়ামের পরিমাণ নির্ধারণ কর।

ম্যাগনেসিয়াম নির্ধারণ—$CaC_2O_4 \cdot H_2O$ হিসাবে ক্যালসিয়াম পৃথক করার পর পরিস্রুত্ নিয়ে ম্যাগনেসিয়াম নির্ধারণ কর।

(ক) **প্রথম পদ্ধতি**—পরিস্রুত্ নিয়ে 10, 8 (ক) পরিচ্ছেদ অনুযায়ী $Mg_2P_2O_7$ হিসাবে ম্যাগনেসিয়াম নির্ধারণ কর।

(খ) **দ্বিতীয় পদ্ধতি**—পরিস্রুত্ নিয়ে 10, 8 (খ) পরিচ্ছেদ অনুযায়ী $Mg(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$ হিসাবে ম্যাগনেসিয়াম নির্ধারণ কর।

(গ) **তৃতীয় পদ্ধতি**—পরিস্রুত্ নিয়ে 10, 8 (ক) পরিচ্ছেদ অনুসারে $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত কর, মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছেঁকে জল দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং NH_4OH মুক্ত কর। তারপর ঐ অধঃক্ষেপ প্রমাণ $4(N)$-H_2SO_4 দ্রবণ মিশিয়ে দ্রবীভূত কর এবং অবশিষ্ট H_2SO_4 প্রমাণ $NaOH$ দ্রবণ $(N/_{10})$ দ্বারা অনুমাপন কর। ব্রোমোক্রেজল গ্রীণ সূচক দ্রবণ অনুমাপনের সময় ব্যবহার কর।

$$\underset{2\times 24\cdot 32}{2Mg(NH_4)PO_4} + \underset{3\times 96}{3H_2SO_4} = 2MgSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 2H_3PO_4$$

অতএব, 1 মি.লি. $(N)-H_2SO_4 = 0\cdot 0081066$ গ্রাম Mg

EDTA পদ্ধতি

(i) **ক্যালসিয়াম নির্ধারণ**—প্রাপ্ত দ্রবণ হতে 25 মি. লি. পরিমাণ দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে 250 মি. লি. বীকারে স্থানান্তরিত কর। পাতিত জল মিশিয়ে 75 মি. লি. আয়তন কর। এখন 6 মি. লি. $2(N)$ NaOH দ্রবণ যোগ কর (pH 12)। দ্রবণ ফুটিয়ে NH_3 গ্যাস যদি বের হয় তাড়িয়ে দাও, তারপর ঠাণ্ডা কর। মিউরেক্সাইড সূচকের জলীয় সম্পৃক্ত দ্রবণ 5 ফোঁটা মেশাও এবং প্রমাণ $0\cdot 05$ (M) EDTA দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে রঙের পরিবর্তন হয়—লাল হতে রক্তবেগুনী। এই অনুমাপনের দ্বারা দ্রবণে অবস্থিত কেবলমাত্র ক্যালসিয়ামের পরিমাণ জানা যায় (9, 69 পরিচ্ছেদ দেখ)।

(ii) ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম একত্রে নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণ হতে দ্বিতীয়বার 25 মি. লি. দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে নাও, পাতিত জল মিশিয়ে 75 মি. লি. আয়তন কর। NH_4Cl+NH_4OH বাফার দ্রবণ (pH 10) 5 মি. লি. এবং 3-4 ফোঁটা EBT সূচক যথাক্রমে মেশাও। 60° সে. তাপমাত্রায় গরম কর, তারপর প্রমাণ 0·05 (M) EDTA দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন কর। অন্তবিন্দুতে দ্রবণের রঙ লাল হতে নীল (pure blue) হয়। এই অনুমাপনের দ্বারা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের মোট পরিমাণ জানা যায়। তার থেকে ক্যালসিয়ামের পরিমাণ (উপরোক্ত (i) পদ্ধতি) বিয়োগ করলে ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ জানা যায়। (9, 68 পরিচ্ছেদ দেখ)।

11, 9. মিশ্রণে অবস্থিত আয়রন ও ক্রোমিয়ামের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কুপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

আয়রন নির্ধারণ—প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নাও, অতিরিক্ত অ্যাসিড NaOH দ্রবণ মিশিয়ে প্রশমিত কর। দ্রবণ গরম করে ফোটাও, প্রতিবার সামান্য পরিমাণ Na_2O_2 যোগ করে নাড়তে থাক, Cr (III) -র জারণ এবং $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ না হওয়া পর্যন্ত Na_2O_2 যোগ কর। দ্রবণের আয়তন জল মিশিয়ে 100 মি. লি. কর। পুনরায় গরম করে ফোটাও এবং Na_2O_2 বিযোজিত কর, ঠাণ্ডা কর, তারপর বেশীর ভাগ অধঃক্ষেপণ বীকারে রেখে মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছেঁকে নাও, জল দিয়ে কয়েকবার ধুয়ে নাও। পরিস্রুত্ ক্রোমিয়াম নির্ধারণের জন্য রেখে দাও। ছাঁকন কাগজে রাখা অধঃক্ষেপ প্রথমে জলের ফোয়ারা দ্বারা, পরে গরম HCl (1:1) দ্বারা প্রথম যে বীকারে অধঃক্ষেপ ফেলান হয়েছিল সেই বীকারেই মাত্রিকভাবে স্থানান্তরিত কর এবং পুনরায় একইভাবে Na_2O_2 দ্বারা $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত কর ও ক্রোমিয়াম দ্রবণ জারিত কর, মাত্রিক কাগজে ছাঁক ও অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও। দ্বিতীয় পরিস্রুত্ প্রথম বারের সাথে মিশিয়ে একত্রে রাখ। $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপ HCl (1:1) দ্বারা দ্রবীভূত করে প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা (9, 47 পরিচ্ছেদ দেখ) আয়রনের পরিমাণ নির্ধারণ কর।

ক্রোমিয়াম নির্ধারণ—বাষ্পীভবন দ্বারা পরিস্রুতের আয়তন কমাও, ঠাণ্ডা কর, H_2SO_4 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর, 5 মি. লি. গাঢ় H_3PO_4 যোগ কর, তারপর অতিরিক্ত প্রমাণ Mohr লবণের দ্রবণ (N/10) যোগ করে প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা অবশিষ্ট Mohr লবণ অনুমাপন কর (9, 46 পরিচ্ছেদ দেখ)।

11, 10. মিশ্রণে অবস্থিত আয়রন ও জিংকের পরিমাণ নির্ধারণ

প্রাপ্ত দ্রবণ মাপক-কুপীতে নিয়ে দাগ পর্যন্ত আয়তন পূর্ণ কর।

আয়রন নির্ধারণ—জিংকের উপস্থিতিতে $K_2Cr_2O_7$ দ্বারা সরাসরি আয়রন নির্ধারণ করা যায়। প্রাপ্ত দ্রবণের একটা অংশ নিয়ে 9, 47 পরিচ্ছেদ অনুযায়ী আয়রন নির্ধারণ কর।

জিংক নির্ধারণ—(ক) প্রথম পদ্ধতি—প্রাপ্ত দ্রবণ হতে পরিমাণমত একটা অংশ 400 মি. লি. বীকারে নাও, পাতিত জল মিশিয়ে 150 মি. লি. আয়তন কর। এখন গরম করে নাড়তে নাড়তে অতিরিক্ত 4 (N) NaOH দ্রবণ মেশাও যতক্ষণ পর্যন্ত না $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয় এবং কিছু অতিরিক্ত NaOH দ্রবণে থাকে। গরম অবস্থায় Whatman No. 41 মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক, গরম জল মিশিয়ে 2—3 বার ধুয়ে নাও। দ্বিতীয় বীকারে পরিস্রুত্ রাখ।

ভ্রমমাত্রা কমাবার জন্য দ্বিতীয়বার অধঃক্ষেপণ (reprecipitation) প্রয়োজন। সেজন্য ছাঁকন কাগজ হতে প্রথম বীকারে প্রথমে জলের ফোয়ারা ও পরে গরম HCl দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ স্থানান্তরিত কর। অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত করার জন্য যতটুকু পরিমাণ গাঢ় HCl প্রয়োজন, ঠিক ততটুকু অ্যাসিড মেশানো প্রয়োজন। পুনরায় 4 (N) NaOH দ্রবণ মিশিয়ে গরম অবস্থায় নাড়তে নাড়তে $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ কর। কিছু অতিরিক্ত NaOH দ্রবণে যেন থাকে। যথারীতি অধঃক্ষেপ মাত্রিক ছাঁকন কাগজে ছাঁক, প্রয়োজন হলে প্রক্ষালকের সাহায্য নাও। 2% গরম NH_4NO_3 দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষেপ ধুয়ে নাও এবং Zn মুক্ত কর। দশবার ধুয়ে নেওয়ার পর Zn-র উপস্থিতি পরীক্ষা কর। প্রথম পরিস্রুতের সাথে দ্বিতীয় পরিস্রুত যোগ কর এবং এই মিশ্রিত পরিস্রুত হতে জিংকের পরিমাণ নির্ধারণ কর। $ZnNH_4PO_4$ হিসাবে অথবা $Zn_2P_2O_7$ হিসাবে জিংক নির্ধারণ কর (10, 4 পরিচ্ছেদ দেখ)।

(খ) **দ্বিতীয় পদ্ধতি**—$Fe(OH)_3$ অধঃক্ষেপ পৃথক করার পর পরিস্রুত্ নিয়ে 11, 4 (খ) পরিচ্ছেদ অনুযায়ী ZnS অধঃক্ষিপ্ত করে আয়োডাইডমিতি দ্বারা অনুমাপন কর।

পরিশিষ্ট অংশ (*Appendix*)

1নং পরিশিষ্ট

গাঢ় অ্যাসিড (Conc. Acids.)

	আপেক্ষিক গুরুত্ব (sp. Gr.)	শতকরা ওজন	তুল্যাঙ্ক (normality)
গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH)	1·05	99·5	17N
নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)	1·42	70	16N
পারক্লোরিক অ্যাসিড ($HClO_4$)	1·54	60	9N
ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)	1·69	85	45N
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)	1·19	38	12N
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr)	1·49	48	9N
হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড (HF)		48	27N
হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড (HI)	1·70	57	7N
সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)	1·84	96	36N

2নং পরিশিষ্ট

লঘু অ্যাসিড দ্রবণ (Dil. Acids)

অ্যাসিটিক অ্যাসিড (~5N) : 290 মি·লি· গাঢ় অ্যাসিড নিয়ে জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন কর।

নাইট্রিক অ্যাসিড (~5N) : 310 মি·লি· গাঢ় অ্যাসিড নিয়ে জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন কর।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (~5N) : 420 মি·লি· গাঢ় অ্যাসিড নিয়ে জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন কর।

সালফিউরিক অ্যাসিড (~5N) : 140 মি·লি· গাঢ় অ্যাসিড নিয়ে 700 মি·লি· ঠান্ডা জলে নাড়তে নাড়তে ঢাল, ঠান্ডা কর, জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন কর।

স্যালিসিলিক অ্যাসিড (~0·3N) : সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ।

3নং পরিশিষ্ট

ক্ষারক দ্রবণ (Bases)

(গাঢ়) অ্যামোনিয়া দ্রবণ ($\sim$15N) : আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·88,—এর মধ্যে আছে 28% NH_3।

(লঘু) অ্যামোনিয়া দ্রবণ ($\sim$5N) : 330 মি·লি· গাঢ় দ্রবণ নিয়ে জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন কর।

ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ ($\sim$0·05N) : 2 গ্রাম মত $Ca(OH)_2$ নিয়ে এক লিটার জলে মেশাও। ছেঁকে নাও।

পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড ($\sim$2N) : 112 গ্রাম KOH নিয়ে এক লিটার জলে মেশাও।

বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড ($\sim$0·5N) : 80 গ্রাম $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর। ছেঁকে নাও।

সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ($\sim$2N) : 80 গ্রাম NaOH নিয়ে এক লিটার জলে মেশাও।

4নং পরিশিষ্ট

সাধারণ বিকারক দ্রবণ (Common reagent solution)

অ্যামোনিয়াম অক্সালেট ($\sim$0·5N) : 35 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট ($\sim$5N) : 385 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ($\sim$4N) : 160 গ্রাম লবণ নিয়ে 140 মি·লি· গাঢ় NH_4OH এবং 860 মি·লি· জল মিশিয়ে দ্রবীভূত কর।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ($\sim$5N) : 270 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

অ্যামোনিয়াম মলিবডেট ($\sim$1N) : 76 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ($\sim$1N) : 80 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

অ্যামোনিয়াম সালফাইড (হলুদ), $(NH_4)_2Sx$: ঠাণ্ডা অবস্থায় 200 মি· লি· গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ H_2S মিশিয়ে সম্পৃক্ত কর ; 10 গ্রাম গন্ধকচূর্ণ (সালফার) এবং 200 মি· লি· গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করে গন্ধকচূর্ণ সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত না হওয়া পর্যন্ত ঝাঁকাও এবং জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন কর।

অ্যামোনিয়াম সালফেট (~1N) : 66 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

আয়োডিন (~0·1N) : 20 গ্রাম KI প্রথমে 30 মি· লি· জলে মেশাও, তারপর ঐ দ্রবণে 13 গ্রাম আয়োডিন দ্রবীভূত কর এবং জল মিশিয়ে আয়তন এক লিটার কর।

কপার সালফেট : 125 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর এবং 5 মি· লি· গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে অ্যাসিডীয় কর।

কোবাল্ট নাইট্রেট (~0·3N) : 45 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (~0·5N) : 55 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

ক্যালসিয়াম সালফেট (সম্পৃক্ত দ্রবণ) : 3 গ্রাম লবণ নিয়ে এক লিটার জল মিশিয়ে ঝাঁকাও, কয়েক ঘণ্টা পর ছেঁকে নাও।

ক্লোরিন-জল : কঠিন $KMnO_4$-র সাথে গাঢ় HCl ফোঁটা ফোঁটা মিশিয়ে Cl_2 গ্যাস তৈরী কর এবং জলের মধ্যে চালিত করে সম্পৃক্ত কর।

পটাসিয়াম আয়োডাইড (~0·5N) : 83 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

পটাসিয়াম ক্রোমেট (~0·5) : 50 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

পটাসিয়াম থায়োসায়ানেট (~1N) : 97 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট : 3 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড : 55 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড : 53 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

বেরিয়াম ক্লোরাইড (~0·5N) : 60 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

বেরিয়াম নাইট্রেট (~0·5N) : 65 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

ব্রোমিন-জল: 10 মি·লি· তরল Br_2 নিয়ে জল মিশিয়ে ঝাঁকাও এবং সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরী কর।

মারকিউরিক ক্লোরাইড (সম্পৃক্ত দ্রবণ): 7 গ্রাম লবণ 100 মি.লি. জলে দ্রবীভূত কর।

লেড অ্যাসিটেট (~0·5N) : 95 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

সিলভার নাইট্রেট (~0·1N) : 2 গ্রাম লবণ 100 মি·লি· জলে দ্রবীভূত কর।

সিলভার সালফেট (সম্পৃক্ত দ্রবণ): 0·8 গ্রাম লবণ 100 মি·লি· জলে দ্রবীভূত কর।

সোডিয়াম অ্যাসিটেট (~2N) : 272 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

সোডিয়াম কার্বনেট (~2N) : 290 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট (~1N) : 120 গ্রাম লবণ এক লিটার জলে দ্রবীভূত কর।

স্ট্যানাস ক্লোরাইড (~0·5N) : 56 গ্রাম লবণ প্রথমে 100 মি·লি· গাঢ় HCl-এ দ্রবীভূত কর, তারপর জল মিশিয়ে এক লিটার আয়তন কর।

5নং পরিশিষ্ট

পারমাণবিক গুরুত্ব সারণী

মৌলের নাম	প্রতীক	পারমাণবিক গুরুত্ব	মৌলের নাম	প্রতীক	পারমাণবিক গুরুত্ব
অক্সিজেন	O	16·000	প্যালেডিয়াম	Pd	106·4
অ্যান্টিমনি	Sb	121·76	প্লাটিনাম	Pt	195·09
অ্যালুমিনিয়াম	Al	26·98	ফসফরাস	P	30·975
আয়রন	Fe	55·85	ফ্লোরিন	F	19·00
আর্সেনিক	As	74·91	বিসমাথ	Bi	209·00
আয়োডিন	I	126·91	বেরিয়াম	Ba	137·36
ইউরেনিয়াম	U	238·07	বেরিলিয়াম	Be	9·013
কপার	Cu	63·54	বোরন	B	10·82
কার্বন	C	12·01	ব্রোমিন	Br	79·916
ক্যাডমিয়াম	Cd	112·41	ভ্যানাডিয়াম	V	50·95
ক্যালসিয়াম	Ca	40·08	মলিবডেনাম	Mo	95·95
কোবাল্ট	Co	58·94	ম্যাগনেসিয়াম	Mg	24·32
ক্লোরিন	Cl	35·457	ম্যাঙ্গানীজ	Mn	54·93
ক্রোমিয়াম	Cr	52·01	মারকারী	Hg	200·61
গোল্ড	Au	197·0	ল্যান্থানাম	La	138·92
জারকোনিয়াম	Zr	91·22	লিথিয়াম	Li	6·940
জিংক	Zn	65·38	লেড	Pb	207·21
টাইটেনিয়াম	Ti	47·90	স্ট্রনসিয়াম	Sr	87·63
টাংস্টেন	W	183·86	সালফার	S	32·066
টিন	Sn	118·70	সিরিয়াম	Ce	140·13
থেলিয়াম	Tl	204·39	সিলভার	Ag	107·88
থোরিয়াম	Th	232·05	সিলিকন	Si	28·09
নাইট্রোজেন	N	14·008	সোডিয়াম	Na	22·997
নিকেল	Ni	58·71	হফ্নিয়াম	Hf	178·5
পটাসিয়াম	K	39·10	হাইড্রোজেন	H	1·008

পুস্তক বিবরণী (Bibliography)

Text-book of Macro and Semi Micro Qualitative Inorganic Analysis—A. I. Vogel.

Text-book of Quantitative Inorganic Analysis—A. I. Vogel.

Quantitative Inorganic Analysis—G. Charlot and D. Bezier.

Quantitative Inorganic Analysis—I. M. Kolthoff and E. B. Sandell.

Semi Micro Qualitative Analysis—F. J. Welcher and R. B. Hahn.

Fundamentals of Qualitative Chemical Analysis—R. K. McAlpine and B. A. Soule.

The Analytical Uses of Ethylenediaminetetraacetic Acid—F. W. Welcher.

Practical Inorganic Chemistry—A. K. De and A. K. Sen.

পরিভাষা নির্ঘণ্ট

অজৈব— inorganic
অণু— molecule
অদ্রবণীয়— insoluble
অধঃক্ষেপ— precipitate
অধঃক্ষেপক— precipitant
অধঃক্ষেপণ— precipitation
অধাতু— nonmetal
অর্ধচন্দ্রক— meniscus
অনচ্ছ— opaque
অনার্দ্র— anhydrous
অনিয়তাকার— amorphous
অনুঘটক— catalyst
অনুদ্বায়ী— non-volatile
অনুপাত ভ্রম— proportional error
অনুভূমিক— horizontal
অনুমাপন— titration
অন্তবিন্দু— end point
অপকেন্দ্রন— centrifugation
অপদ্রব্য— impurities
অপরাবিদ্যুৎ— negative electricity
অপরাবিদ্যুৎবাহী— electro-negative
অপরাবাহী— anionic
অপরিবাহী— non-conductor
অবশেষ— residue
অম্ল (অ্যাসিড)— acid
অম্লগ্রাহিতা— acidity
অম্লরাজ— aqua regia
অম্লমিতি— acidimetry
অসংপৃক্ত— unsaturated
অসমসত্ত্ব— heterogeneous
অস্থায়িত্ব ধ্রুবক —instability constant

অংশাঙ্কিত— graduated
অ্যাসিডীয়— acidic

আকরিক— ore

আঙ্গিক— qualitative
আণবিক গুরুত্ব— molecular weight
আধান— charge
আপেক্ষিক ভ্রম— relative error
আয়তন— volume
আয়তনিক বিকারক— volumetric reagent
আয়নিত হওয়া— ionisation
আয়নীয় গুণফল— ionic product
আলোড়ক— stirrer
আহৃত বস্তু— derivative
আসক্তি— affinity
আঠাল— gelatinous

উল্লম্ব— vertical
উত্তর-অধঃক্ষেপণ— post precipitation
উত্তাপন— heating
উদ্বায়ী— volatile
উন-পরিমাণ— semimicro
উপাদান— component, constituent
উভধর্মী— amphoteric
উভমুখী— reversible

ঋণ-প্রভাবক— negative catalyst
ঋণাত্মক— negative

একক— unit
একযোজী— monovalent
এককারকীয়— monobasic

ওজন— weight
কঠিন— solid
কাচদণ্ড— glass rod
কাচনল— glass tube
কাচের পশম— glass wool
কুপী— flask
কেলাস— crystal

কেলাসন— crystallisation
কৈশিক— capillary
ক্রমাঙ্কিত করা— calibrate
ক্রান্তি-ব্যবধান— transition interval

ক্ষারক— base
ক্ষারকীয়— basic
ক্ষারগ্রাহিতা— basicity
ক্ষারমিতি— alkalimetry
ক্ষারীয়— alkaline
ক্ষীণ— weak

খনিজ— mineral
খর জল— hard water
খর অ্যাসিড— hard acid
খরতা— hardness
খর্পর— basin
খল— mortar

গতিহার— rate (of the reaction)
গতিহার গুণাংক— velocity coefficient
গন্ধক— sulphur
গরম তাওয়া— hot plate
গলন— melting
গলনাঙ্ক— melting point
গাণিতিক গড়— arithmetical mean
গাঢ়— concentrated
গাঢ়ত্ব— concentration
গালক মিশ্র— fusion mixture
গ্রাম অণু— gram molecule
গ্রাম তুল্যাঙ্ক— gram equivalent
গ্রাম পরমাণু— gram atom
গ্রাহীতা— acceptor

ঘনত্ব— density
ঘোলাটে— turbid
চঞ্চু— spout
চাপ— pressure
চূর্ণ— lime
চুল্লী— furnace
ছাঁকন— filtration
ছাঁকন মাদুর— filter mat
ছাঁকনি— filtering medium

জটিল আয়ন—complex ion
জটিল লবণ— complex salt
জটিলমিতি— complexometry
জনক দ্রবণ— mother liquor
জল গাহ— water bath
জলবিশ্লেষ— hydrolysis
জলবিশ্লেষ অঙ্ক— degree of hydrolysis
জলাকর্ষী—hygroscopic
জারক— oxidising agent
জারণ— oxidation
জৈব— organic
জ্বালন— ignition

ঝিল্লী বিশ্লেষণ— dialysis

তঞ্চন— coagulation
তত্ত্ব— theory
তরল— liquid
তল— surface
তড়িৎ— electricity
তড়িৎ বিশ্লেষণ— electrolysis
তড়িৎ বিশ্লেষ্য— electrolyte
তড়িৎ দ্বার— electrode
তাপগতি— thermodynamic
তাপস্থাপক— thermostat
তারজালি— wire gauge
তীব্র— strong
তুলাদণ্ড— balance
তুল্য দ্রবণ— normal solution
তুল্যতা বিন্দু— equivalence point
তুল্যাঙ্ক— equivalent
তুল্যাঙ্ক ভার— equivalent weight

তুল্যাঙ্কমাত্রা— normality
তৌলিক— gravimetric
ত্রিক্ষারকীয়— tribasic

দায়িকা— donor
দ্বিক্ষারকীয়— dibasic
দীপ— burner
দীপ্তশিখা— luminous flame
দীপ্তিহীন শিখা— non-luminous flame
দ্রবণ— solution
দ্রবীভূত— dissolved
দ্রাব— solute
দ্রাবক— solvent
দ্রাবকাতংকী— hydrophobic
দ্রাবকাসক্ত— hydrophilic
দ্রাব্যতা— solubility

ধন-প্রভাবক— positive catalyst
ধনাত্মক— positive
ধর্ম— properties
ধাতু— metal
ধূম-প্রকোষ্ঠ— fume cupboard
ধ্রুবক— constant

না-ধর্মী— negative
নির্গমনল— delivery tube
নির্ণয়ীশোষণ— adsroption
নিরন্তর ভ্রম— constant error
নির্বাচী— selective
নিরুদক— anhydride
নিরুদনকারী— dehydrating agent

পদ্ধতি— process
পরম— absolute
পরম নির্ভুল— most probable
পরম ভর—true mass
পরম ভ্রম— absolute error
পরম মান—true value
পরমাণু— atom
পরমাণু ক্রমাঙ্ক— atomic number
পরা বিদ্যুৎ— positive electricity
পরাবাহী— cationic
পরিত্যাগ নল— delivery tube
পরিস্রুৎ— filtrate
পারমাণবিক গুরুত্ব— atomic weight
পাতন— distillation
পাতিত— distilled
পিপেট— pipette
প্রতিপ্রভা— fluorescence
প্রতিসরনাংক— refractive index
প্রতিস্থাপন— displacement
প্রভাবক— catalyst
প্রমাণ— standard
প্রমাণ দ্রবণ— standard solution
প্রমাণ পরিমাণ বিশ্লেষণ— macro analysis
প্রমাণ ভ্রমমাত্রা—standard deviation
প্রশম— neutral
প্রশমন— neutralisation
প্রশমন বিন্দু— neutral point
প্রক্ষালক— policeman

বর ধাতু— noble metal
বলয়— ring
বলয়কারী— chelating
বলয় যৌগ— chelate compounds
বহু ক্ষারকীয়— polybasic
বাটখারা— weights
বালিগাহ— sand bath
বায়ুগাহ— air oven
বায়ুচুল্লী— air oven
বায়ুর প্লবতা— buoyency of the air

বাষ্পীভবন— evaporation
বিকারক— reagent
বিক্রিয়ক— reactant
বিক্রিয়া— chemical reaction

বিগালক— flux
বিচ্ছুরণ মাধ্যম— dispersive medium
বিচ্ছুরণী— dispersive
বিজারক— reducing agent
বিজারণ— reduction
বিনির্দিষ্ট— specific
বিন্দু বিক্রিয়া কাগজ— spot test paper
বিপরিবর্ত বিযোজন— double decomposition
বিযোজন— decomposition
বিয়োজন— dissociation
বিরঞ্জক চূর্ণ— bleaching powder
বিশ্লেষণ— analysis
বুদবুদ— buble
বুদ্বুদন— effervescence
বৈশ্লেষিক— analytical
ব্যস্ত-অনুপাত— inversely proportional
ব্যুরেট— burette

ভঙ্গুর— brittle
ভরক্রিয়া— mass action
ভস্ম— ash
ভস্মীকরণ— calcination
ভৌত— physical
ভ্রম— error
ভ্রমমাত্রা— deviation

মধ্যবর্তী মান— median value
মাত্রিক— quantitative
মাত্রাংকিত কূপী— measuring flask
(মাপক কূপী)
মাপ্যহীন— blank
মাপনী— scale
মিশ্র সূচক— mixed indicator
মিশ্রণ— mixture
মূচি— crucible
মূলক— radical
মৃদু অ্যাসিড— soft acid
মৌল— element
(মৌলিক পদার্থ)

যথাযথতা— precision
যন্ত্র— apparatus
যোজ্যতা— valency
যৌগ (যৌগিক পদার্থ)— compounds

রীতিবদ্ধ— systematic
রোধনী— stop cock
রৌপ্যমিতি— argentimetry

লঘু— dilute
লেশ পরিমাণ— micro

শংকু-কূপী— conical flask
শিখা— flame
শুষ্ক পরীক্ষা— dry test
শোষকাধার— desicator
শোষণ নল— suction tube
শ্রেণী— group

সংকর— alloy
সংকেত— formula
সংযুতি— composition
সংযুতি সংকেত— structural formula
সক্রিয়— active
সক্রিয়তা— activity
সক্রিয়তা গুণাংক— activity coefficient
সনাক্তকরণ— identification
সর্বাধিক সম্ভাব্য— most probable
স্পটপ্লেট— spot plate
স্ফুটন— boiling
সমসত্ত্ব— homogeneous
সম্পৃক্ত— saturated

সমানুপাতিক— proportional
সমীকরণ— equation
সহ-অধঃক্ষেপণ— coprecipitation
সান্দ্র— viscous
সান্দ্রতা— viscosity
সাম্য— equilibrium
সারণী— table
সুবেদিতা— sensitivity
সূচক— indicator
সূত্র— law
সূক্ষ্মছিদ্রতলক মূচি— sintered bed crucible
সোদক— hydrated
সোহাগা— borax
হ্যাঁ-ধর্মী— positive
হিমাংক— freezing point